

Государственная гидрометеорологическая служба Украины

Гидрометеорологический центр
Черного и Азовского морей

ВЕСТНИК

**ГИДРОМЕТЦЕНТРА
ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ**

№ 2 (10)

Одесса - 2009

**Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей.
Государственная гидрометеорологическая служба Украины.
— 2009. — № 2(10). — 251 с. — Языки: укр., рус.**

Редакционная коллегия

Главный редактор: Сытов В. Н.
Зам. гл. редактора: Савилова А. И.
Члены редколлегии: Чумак П. К.
Лаврентьева В. Н.
Драган А. Н.
Компьютерная верстка: Щеголева М. А.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 65009, г. Одесса,
ул. Французский б-р, 89
ГМЦ ЧАМ
тел. (0482) 63-16-10
www.odessabul@ukr.net

ВЛИЯНИЕ ПОГОДЫ НА ЧЕЛОВЕКА И ИСТОРИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Влияние погоды на организм человека все мы нередко чувствуем на себе. Люди плохо переносят экстремальные значения атмосферного давления, температуры, влажности, скорости ветра. Погода также влияет и на настроение. А недавно ученые Университета Эдинбурга пришли к выводу, что даже внутренние часы организма человека находятся под влиянием не только сезонных изменений в природе, но и погоды. Отсюда и наша сонливость в пасмурную погоду.

С точки зрения науки, погода — это совокупность непрерывно меняющихся значений метеорологических элементов и атмосферных явлений, наблюдаемых в данный момент времени в той или иной точке пространства. Понятие «погода» относится к текущему состоянию атмосферы, в то время как «климат» относят к среднему состоянию атмосферы за длительный период времени.

Наверное, никто не будет спорить, что погода так же, как и климат, играет большую, а иногда даже решающую роль в человеческой истории. Помимо изменений климата, которые вызывали вынужденную миграцию народов (например, опустынивание Ближнего Востока и Северной Африки, формирование сухопутных мостов между материками во время ледниковых периодов), экстремальные погодные явления вызывали меньшие по масштабу перемещения народов и принимали непосредственное участие в исторических событиях.

По примеру некоторых сайтов, можно попытаться составить рейтинг 10 крупных исторических событий, которые произошли или наоборот не произошли, благодаря экстремальным погодным условиям. Данный рейтинг учитывает хронологический порядок событий.

Десятое место заняло спасение Западной культуры во времена греко-персидских войн. В то время греческая культура, как прообраз современной Западной культуры, постоянно балансировала на грани исчезновения. Персидская Империя на пике своего могущества готовилась к захвату основных территорий Греции. В решающей морской битве при Саламине (480 г. до н. э.) победу все же одержал командующий греческим флотом Фемистокл, и все благодаря его знаниям местных ветров — бризов.

На 9-м месте — спасение Японии сильными ветрами от вторжения монгольского флота хана Хубилая в 1281 году. Два тайфуна помешали осуществиться планам хана. Синтоистские жрецы

сочли эти ветры, спасшие Японию, результатами молитв и назвали их камикадзе (божественный ветер).

Поражение Испанской непобедимой армады в 1588 году в битве с англичанами — 8-е место в рейтинге. Погода явно была на стороне Англии. Армада понесла значительные потери. В Испанию вернулись лишь 65 судов из 130, причем 24 судна были выброшены штормом на берега Ирландии.

В 1709 году Карл XII стал первым европейским правителем, поведшим свои войска против России без учета суровости русской зимы. Долгий путь и жестокие морозы сыграли значительную роль в поражении шведских войск (7-е место).

На 6-м месте густой туман, спасший армию Вашингтона 22 августа 1776 года в битве при Лонг-Айленде. Американская армия во главе с Джорджем Вашингтоном представляла собой отряды необученных военному делу добровольцев с довольно слабым вооружением. Англичане, напротив, были образцовыми солдатами. Если бы не туман, история могла бы пойти совсем по другому пути.

5-е место — Французская Революция. Франция, и так страдавшая от экономического кризиса вследствие поддержки Америки в войне против Англии, получила еще один удар от природы: весеннее наводнение. Цены на продукты питания взлетели до небес. Но и это было не самым худшим. Страшный град уничтожил множество посевов и нанес непоправимый вред фермерским хозяйствам. Голодный народ жаждал изменений, чем и воспользовались вожди революции.

День 30 августа 1800 года мог войти в историю как дата одного из наибольших восстаний рабов в Америке. Тысячи рабов в Ричмонде (штат Вирджиния) были готовы идти за своим лидером по имени Габриель. В планах повстанцев был захват арсенала и избавление от рабства, но продолжительный сильный шторм с дождем и шквалистым ветром не давал возможности рабам собраться и начать действовать. Этого времени оказалось достаточно, чтобы заговор был раскрыт (4-е место).

3-е место занимает поражение Наполеона в походе на Россию. Всем известно со школьной скамьи, что в 1812 году Наполеон Бонапарт во главе самой большой армии в Европе собирался захватить Россию. Его уверенность в успехе была столь велика, что даже приближение зимы не остановило поход. Удачный захват Москвы добавил французам оптимизма, но вскоре пришли знаменитые русские морозы. Лишь за одни сутки при морозе почти

-40 градусов Цельсия погибло 50 000 лошадей армии. От холода не спасали даже шубы, захваченные в качестве трофеев. Суровые русские морозы стали началом конца для империи Наполеона.

2-е место — нападение фашистской Германии на СССР. Адольф Гитлер, видимо, решил не считаться с уроками истории, рассчитывая на молниеносную военную кампанию. В сентябре 1941 года войска Германии уже довольно далеко продвинулись вглубь территории СССР. Уверенность в быстрой победе была столь велика, что многие солдаты везли с собой парадную форму для марша победы на Красной площади. Они даже не имели зимней формы. Лютые морозы и решительные действия армии СССР под Москвой и Сталинградом переломили ход войны.

На 1-м месте — ядерная бомбардировка Японии летчиками США. 6 августа 1945 года в Хиросиме был прекрасный летний день. В 7:09 над городом пролетел самолет, отработавший на базу: «облачность менее 30 %». Это были практически идеальные условия для сброса первой ядерной бомбы. Ясная погода в тот день обрекла Хиросиму и спасла запасную цель. Не меньшую роль облачность сыграла и в судьбе другого японского города — Кокура. 8 августа вторая ядерная бомба была загружена в самолет В-29, но слишком большая облачность над Кокурой не позволяла провести бомбардировку и бомба отправилась к запасной цели — Нагасаки.

Данный рейтинг составлен на основе книги Лауры Ли «Blame It on the Rain». Но можно добавить и другие исторические события, на которые повлияли погодные условия. Например, притязания французов на Флориду прекратились в 1565 году, когда ураган уничтожил французский флот, дав Испании возможность завоевать форт Каролину.

Конечно, можно возразить, что человечество достигло такого прогресса, что уже в состоянии своевременно предсказывать и противодействовать неблагоприятной погоде и стихиям. Тогда вспомним конец августа 2005 года, когда самый разрушительный ураган Катрина заставил более одного миллиона человек переселиться с центрального побережья Мексиканского залива вглубь страны, создав самую крупную диаспору в истории Соединенных Штатов.

История нас учит, что недооценивать метеоусловия и погодные явления — большая ошибка, которая может оказаться роковой, как для отдельного человека, так и для человечества в целом.

*В. Х. Корбан, Л. Н. Дегтярева,
Т. М. Пустовит, С. М. Корбан,
Ж. Н. Корбан-Порохницкая*

ВОЗМОЖЕН ЛИ ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ В АТМОСФЕРЕ

(по материалам: prof. Paul Hoffman, Brian Harland,
академик М. Будыко, prof. Josef Kirschvink,
prof. Guy Narbonne, dr. Chris McKay)

Существует теория, ранее отвергаемая учеными умами как абсурдная. По ней, когда-то Земля стала настолько холодной, что полностью покрылась ледяным панцирем.

Возможен ли парниковый эффект в настоящее время, когда количество углекислого газа в атмосфере Земли составляет меньше 1 %, при наличии облаков и выпадающих осадков? Ответ может быть только один — нет, не возможен. Материалы данной статьи подтверждают такое заключение.

Известно, что вся планета на 10 миллионов лет превратилась в огромный ледяной шар. Годами эту теорию игнорировали, считая необоснованной. Критики говорили, что обледенение уничтожило бы все живое, и нас просто не было бы. В теории обледенения есть белые пятна. Однако несколько ученых увлеклись теорией обледенения. Их теория способна объяснить происхождение жизни на Земле. Не было силы страшнее ледниковых периодов. За 4 млрд. лет наша планета лишь 5 раз подвергалась страшному испытанию. Традиционная точка зрения такова, что насколько бы низко не падала температура, на Земле всегда оставались теплые, безопасные места. Холод медленно распространялся от полюсов, но никогда не достигал наиболее жарких участков — тропиков. Долгое время это утверждение считалось основным законом природы. Тропики не могут замерзнуть. Но этот закон не может объяснить того, что произошло 600 млн. лет назад в Намибии. Пол Гофман — один из дерзких геологов, оспаривающих традиционную точку зрения. Он многие годы пытался убедить коллег в верности теории обледенения. Гофман еще и еще раз возвращался к изучению Намибии, где царствует невыносимая жара. Эта территория сотни миллионов лет находилась в тропиках. Общепринятые законы природы гласят, что ледники никогда не могут сюда добраться. Однако среды раскаленных камней прячется нечто необъяснимое с позиции этих догм. 600 млн. лет назад эти холмы лежали на дне моря. На прежнем ложе океана покоятся загадочные валуны. Геологи называют их эр-

ратическими. Они могли попасть туда только одним способом — с ледником. На своем пути по твердой поверхности ледник собирает огромное количество камней. При таянии ледника, он освобождает гравий. Когда растаял ледник, камни опустились на дно океана. Кроме них высвобождается песок и другие мелкие частицы. Валуны покрывались толстым слоем осадочных пород. Через несколько тысяч лет эти осадочные породы спрессовались в камни, а внутри остались булыжниками. Валуны показали, что тропическая Намибия однажды была покрыта льдом. Однако эту мысль в течении 50 лет отвергали. В 1940 году зародилась новая теория, после того как молодой геолог Браин Харланд совершил несколько походов в Арктику. В Арктике он изучил первые признаки обледенения — эрратические валуны и ледниковые отложения заметил сразу.

Вернувшись из Арктики, Харланд сделал свое революционное открытие. Он обнаружил, что во всех образцах камней, сформированных 600 млн. лет назад присутствовали эрратические валуны. Классическое свидетельство того, что даже в тропиках, когда-то лежал толстый слой льда. Нет ни одного континента, на котором ледник не оставил бы свой след. Их находят по всей Европе, в Африке, причем в больших количествах. Валуны находили повсюду и Харланд предположил немыслимое — у нас появились свидетельства глобального обледенения. Во время пика последнего ледникового периода, закончившегося 10 тыс. лет назад, ледяной панцирь дошел до Нью-Йорка. Казалось, находили противоречия основным законам природы. Эрратические валуны говорили о том, что 600 млн. лет назад ледяной панцирь покрыл все континенты, включая тропическую зону, вплоть до экватора. Значит, в это время на Земле царствовал ледник невиданных масштабов.

Скептики выступили с целым пакетом убедительных доводов, согласно которым Харланд ошибался. Они основывались на законах нашего мира. Во-первых, тропики всегда получают наибольшее количество солнечной радиации — это аксиома. Значит, в тропиках должно быть всегда жарко. Согласно геологическим свидетельствам, там было комфортно даже в период последнего ледникового периода. И была еще одна причина, по которой данная теория считалась ошибочной. Существовали другие мнения о наличии в тропиках эрратических валунов. Это дрейф континентов. Они движутся по поверхности Земли с той же скоростью, с которой растут наши ногти. Это значит, что за 400 млн. лет они могут переместиться

из одной части света в другую. Очевидно, говорили критики, что 600 млн. лет назад все континенты оказались в холодных полярных регионах. Тогда и образовались на них ледники. А с ними появились эрратические валуны. После того, как это произошло, огромные участки суши с валунами перекочевали от полюсов обратно в тропики. Многие годы эта точка зрения оставалась общепринятым объяснением следов ледника.

Чтобы доказать теорию глобального обледенения, нужно было совершить невозможное. Найти теоретическую возможность заморозить тропики. Что вскоре и произошло. 1960-е годы. Пик холодной войны. Мир озабоченно подсчитывал шансы выжить в условиях ядерного беспредела. Было известно, что серия мощных ядерных взрывов создает огромное облако пыли, дыма и сажи. Оно блокирует солнечные лучи. Гипотетически на Земле начнется ядерная Зима — искусственный ледниковый период. Один из советских климатологов задался целью выяснить, какие последствия и условия принесло бы творение человеческих рук. Этим ученым был Михаил Будыко. Он собрал информацию о нескольких исследованиях, которые могли пролить свет на механизм возникновения ледниковых периодов. Плоды исследований Будыко бросят вызов традиционной точке зрения. Он докажет, что гипотеза о незамерзаемости тропиков несостоятельна и не имеет под собой основания. Будыко знал, что темные океаны и суша поглощают большую часть солнечной энергии. Так Земля нагревается. Однако ледяной щит белый, он отражает свет как зеркало. Значит, покрытая ледниками планета получает гораздо меньше тепла. Во время ледникового периода, ледяной щит растет, отражая все больше солнечной энергии. Значит, он поглощает меньше тепла, и Земля становится еще холоднее. Теоретически, наша планета может оказаться пленницей замкнутого круга непрекращающегося обледенения. Будыко перевел теоретический сценарий в математическую формулу. Вычисления дали устрашающий ответ. В теории у климата Земли есть критический момент. Пока ледники покрывают только полюса, планета в безопасности. Однако если запустить процесс, как это может быть во время ядерной зимы, они распространятся до современного Техаса. Тогда обледенение достигнет критической точки и подо льдом окажется такая поверхность, что от нее будет отражаться половина обычного количества солнечных лучей, согревающих Землю. Тогда планета будет получать недостаточное ко-

личество тепла. Теоретически, когда это произойдет, начнется обледенение, которое невозможно остановить. Резко упадет температура. Ледники покроют все континенты, потом океаны и, в конце концов, доберутся до тропиков. Если бы это случилось, то вся планета оказалась бы скованной льдом. И Земля превратилась бы в снежный ком. Но самое страшное в теории Будыко то, что покрытая льдом белая Земля будет отражать столько солнечной энергии, что не сможет растаять никогда. Планета вечно останется скованной льдами. Будыко пришел к выводу, что такое положение вещей сохранится на очень продолжительное время и, вероятно, приведет к исчезновению всех форм жизни. Это парадокс Будыко. Он доказал, что теоретически тропики могли быть скованы льдом. Но получается, что на практике такого никогда не случилось. Ведь если бы глобальное обледенение имело место, Земля до сих пор была бы подо льдом. И нас бы попросту не существовало.

В течение 15 лет никто не мог разгадать эту загадку. Теория обледенения оставалась невозможной. Чтобы воскресить ее необходимо два условия — доказать, что лед действительно добрался до тропического пояса, эрратические валуны оказались там не из-за движения континентов. Нужно было найти теоретический способ выйти из замкнутого круга обледенения. Тогда на сцене появился новый ученый. В конце 1970 годов Киршвинк был один из ведущих геологов мира и считал теорию глобального обледенения ошибочной. Чтобы заставить человека принять сумасшедшую идею о том, что вся планета была заморожена, необходимы неопровержимые факты. В 70-х годах он был в этом вопросе на стороне консерваторов. Консерватизм Киршвинка объясняется тем, что он верил в общепринятую гипотезу о том, как эрратические валуны оказались на экваторе. Он думал, что 600 млн. лет назад все континенты оказались рядом с полюсами. Тогда и образовались специфические осадочные породы. Эту теорию необходимо было проверить. Так случилось, что Киршвинк посвятил свою профессиональную карьеру своему методу. Он предполагает использование магнитов. Немногим приходит в голову, что любой камень — это слабый магнит. В каждом содержатся магнитные частицы. Направление, которые они указывают, всегда остается с камнем с самого момента образования. А дает им это направление магнитное поле, создаваемое ядром Земли. Это значит, что магнитное направление породы, образовавшейся на полюсах, указывает вверх и вниз. А те,

что сформировались в экваториальной зоне, т. е. в тропиках, в стороны (рис. 1).

Камни обладают способностью сохранять магнитное направление благодаря присутствию особых частиц. Они работают как стрелки компаса. Определив магнитное направление образца, Киршвинк мог сказать, в какой части света он был образован вне зависимости от того, куда его могло за миллионы лет занести дрейфующими континентами. В 80-х годах Киршвинк узнал об австралийцах, которые заявили, что нашли свидетельства обледенения тропиков. Несмотря на скептицизм, Киршвинк продублировать их исследования с помощью своего оборудования. Это предполагало изучение скальных пород из самых жарких регионов. Предстояло выяснить, образовались ли они на экваторе или на полюсах, и лишь потом переместились в тропики вместе с континентами. Чтобы ответить на этот вопрос, Киршвинк использовал гиперчувствительный магнетометр. Слабое магнитное поле создает электрический поток, позволяющий измерить магнитный момент очень слабого источника. Магнетометр подключен к компьютеру, который находит место образования каждого образца на схематической карте Земли. Центр круга представляет собой полюса, окружность — экватор. Если эрратические валуны образовались в полярной зоне, как и предполагал Киршвинк, они покажутся в центре компьютерной схемы (рис. 2).

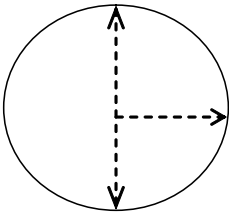


Рис. 1. Магнитное направление породы

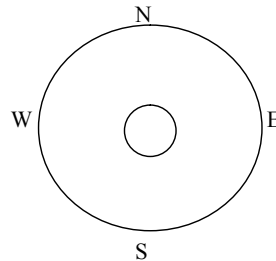


Рис. 2. Компьютерная схема измерения магнитного момента образцов

Если на экваторе, то рядом с границей круга. Машина дала свой ответ. Образцы сформировались в тропиках. 600 млн. лет назад имело место глобальное обледенение. В конце 80-х Киршвинк стал ревностным защитником теории обледенения. Если его открытия не совпадали с общепринятыми теориями, значит, теории не верны. Если теории противоречат фактам, проблема в теории. Но Киршвинк не мог справиться с парадоксом замкнутого круга

глобального обледенения. Если оно когда-либо имело место, то Земля до сих пор была бы покрыта ледяным щитом. Как этого избежать? Планета должна была справиться с этой задачей. Ведь вулканы пережили ледниковый период, но они способны растопить лед только рядом с кратером. Но вулканы выделяют газы — 10 млрд. тонн в год. Это огромное количество углекислого газа, который может вызвать парниковый эффект и глобальное потепление. Сегодня источником углекислого газа являются не только вулканы, но и промышленные предприятия. Однако Земля не перегревается, потому что в природе существует механизм избавления от излишков углекислого газа — это дождь, естественный очиститель воздуха. Каждая его капля, пролетая через атмосферу, получает углекислый газ из воздуха. Но в ледяном мире дождя быть не могло. Ледяная Земля была настолько холодной, что вода существовала только в твердом состоянии. Это значит, что в воздухе не было пара, а поэтому и облаков, без которых не может быть дождя. Кроме дождя освобождать атмосферу от избытка углекислого газа нечем. Где нет испарения, нет и дождя. Поэтому при таких условиях углекислота из атмосферы не вымывалась. Это означало, что выделенный вулканами углекислый газ накапливался в атмосфере миллионы лет. Масштаб спровоцированного им глобального потепления сложно представить. Если дождя не будет 10 миллионов лет, атмосфера на десятую часть будет состоять из углекислого газа. Сегодня его меньше одного процента. Лишняя углекислота вызвала парниковый эффект, в результате которого температура поднялась, в среднем до 50 °С. Жарче на Земле еще не было. Этого хватило, чтобы растопить лед. Этого достаточно, чтобы наступил перелом. Так был найден естественный выход, из обледенения, не нарушая законов природы. Но это теоретически. Практического доказательства таяния льда не было. И тогда в 1992 году Пол Гофман решил отыскать фактические свидетельства того, что эпохе обледенения положил конец парниковый эффект. В Намибии он увидел отложения солей угольной кислоты на эратических валунах, превратившихся в камень карбонат кальция. Они свидетельствовали, что обледенение внезапно окончилось. Такие отложения кальция образуются только в теплой воде. А в Намибии они появились на покрытых льдом скалах. Это говорит о том, что переход от ледяной эпохи к теплому океану был мгновенным. Но почему горы карбоната кальция образовались не в

привычных условиях, а во время масштабного таяния ледников? В решении данной проблемы включился геохимик Дэн Шрэг. С учетом того, что таяние ледников привело к появлению воды, которая начала испаряться, появились облака. Эти облака вызвали климатические изменения. Произошел быстрый переход от холодного состояния к самому теплему. На Землю обрушилась неконтролируемая мощь сил природы. Появились смерчи невиданной силы. О берега разбивались волны 100-метровой высоты. Все это буйство природы поливалось дождями. Ливни длились столетиями. Вода вступает в реакцию с огромным количеством углекислоты, накопившейся в атмосфере, и превращается в карбоновую кислоту. Кислотный дождь обрушивается на Землю. Он омывает скалы, провоцируя сильную химическую реакцию. Скальные породы оказываются разложенными на составляющие элементы. Один из них — кальций. Он вступает в реакцию с углеродом из кислотного дождя. В результате — горы карбоната кальция. Что и видно под слоем эратических валунов в Намибии. Это подтвердило теорию того, что после длительного обледенения вполне резонно ожидать высокого содержания углекислоты в атмосфере. Но биологи утверждали, что обледенение было невозможным — в период обледенения на суше жизни не было. Но она существовала в воде в виде цианобактерий. А цианобактерии могли существовать только в воде. Они сейчас в виде окаменелостей находятся в стармолитах в Намибии. Цианобактерии и зеленые водоросли не могли существовать в условиях полного обледенения, поскольку они фотосинтезировали. Как и современные растения, эти организмы преобразуют солнечный свет в энергию. Шансы этих видов пережить обледенение зависели от того, достаточно ли солнечных лучей могло проникнуть сквозь толщу льда. Если допустить, что вся планета была покрыта толстым слоем льда, в несколько десятков метров, то лед не очень хорошо пропускал солнечную энергию. По расчетам биологов, толщина льда достигала километра. Это лишает океан солнечного света и приводит к смерти организмы, живущие за счет солнечного света, так как будет отсутствовать фотосинтез. Поэтому многие фотосинтезирующие виды должны были исчезнуть 600 млн. лет назад. Однако этого не произошло. Цианобактерии по сей день целыми колониями произрастают в тропиках, как и другие фотосинтезирующие одноклеточные растения, появившиеся еще до обледенения. Многие биологи пришли к единственно правильному выводу. Это

был самый суровый из всех ледниковых периодов, но часть океана оставалась свободной, поскольку в противном случае сохранившиеся до нашего времени виды должны были исчезнуть.

Крис Макей работал в Антарктике, где температура опускается до -30°C и ниже, т.е. почти такая, какая была во время обледенения в районе экватора. В Антарктике есть и сухие долины, озера, покрытые многометровым слоем льда. Антарктические водоемы являются отличной моделью для изучения обледенения. Возможна ли жизнь под панцирем льда такой толщины? Достаточно ли подо льдом света для фотосинтеза? Опустившись под лед, Крис Макей увидел нечто невероятное. Он увидел очень много света, хотя над ним возвышался 5-метровый слой льда. Туда проникает столько солнечных лучей, что вода кишит живыми организмами, растениями и бактериями. Среди них и те, что появились задолго до обледенения, и нуждались в свете, чтобы выжить. Разгадка крылась в самом ледяном покрытии. Оно было похоже на стекло и пропускало весь свет. Лед совсем прозрачный благодаря тому, что он замерзал очень медленно и при этом снизу.

В период обледенения весь океан был покрыт слоем холодного «стекла». Чем глубже, тем медленнее оно образовывалось, и было таким же прозрачным. Медленно замерзающая вода успевает освободиться от примесей солей и осадка, из-за которых лед может стать мутным. Поэтому образовавшийся щит был прозрачным. А значит — жизненно необходимый солнечный свет беспрепятственно доходил до обитающих в воде организмов. Даже на пике обледенения в районе экватора оставались бухты, где лед был достаточно тонким, чтобы под ним не прекращался процесс фотосинтеза. Выжившие организмы оказались в мире, где не существовало конкуренции, т.е. были идеальные условия для эволюционного всплеска. После того, как планета растаяла, появились новые виды организмов со значительно более сложным строением — первые многоклеточные организмы. Новый климат, воцарившийся после массового вымирания живых существ, явился мощным толчком для эволюции. После окончания периода обледенения строение живых организмов Земли стало заметно более сложным. Отсюда вывод: величайшая природная катастрофа в истории Земли спровоцировала самый масштабный эволюционный процесс, который когда-либо имел место на нашей планете. Возможно, обледенение явилось той самой силой, которая спровоцировала эволюционные изменения

беспрецедентного масштаба. Но если обледенение может изменить течение жизни целой планеты, остается последний вопрос — почему случилась эта катастрофа и возможно ли ее повторение.

Солнце сейчас горячее, чем 600 миллионов лет назад и продолжает нагреваться. Нас ожидают значительные климатические изменения. Если обледенение повторится, то не в ближайшие несколько миллионов лет. Но если это случится, то на планете погибнет все живое, и человечество в том числе.

Выводы:

1. Рассмотренные материалы подтверждают, что в обычных климатических условиях, даже при работе огромного количества промышленных предприятий, парниковый эффект на Земле невозможен.
2. Углекислота из атмосферы вымывается кислотными дождями и растворяется в океанах.
3. Пока существуют облака, существуют и дожди, уносящие углекислоту из атмосферы Земли.

УДК 551.582

*Т. Є. Данова
Н. І. Райкова*

**ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПРИЗЕМНОГО ОЗОНУ
НА ДЕЯКИХ СТАНЦІЯХ УКРАЇНИ
З ІНДЕКСОМ ПІВНІЧНО-АТЛАНТИЧНОГО КОЛИВАННЯ**

Вступ. На сьогоднішній день проблема озону турбує дуже багато, про неї чули навіть ті, хто раніше й не знав про існування озонового шару в атмосфері, а пам'ятав про нього лише зі шкільного курсу хімії. І інтерес до цієї проблеми зрозумілий, адже мова йде про майбутнє людства [5]. Адже зміни в озоновому шарі можуть призвести до зміни клімату на планеті в гірший бік, підніметься рівень світового океану, зросте кількість ракових захворювань через збільшення ультрафіолетового випромінювання Сонця що досягає поверхні планети [2]. На жаль побоювання людей, про зміну озонового шару не безпідставні. Згідно з теперішніми уявленнями про зміни клімату Європейського регіону, в тому числі й України, в більшості випадків визначається впливом циркуляційних процесів в Північній Атлантиці, а саме північноатлантичним коливанням [5].

Тропосферний і стратосферний озон хімічно ідентичні [1]. Проте їх роль в земній атмосфері істотно залежить від висоти розташу-

вання. Тропосферний озон, особливо в приземному шарі повітря, що безпосередньо взаємодіє з живими формами, виявляє свої токсичні властивості. У великих концентраціях озон сильно пригнічує життєдіяльність рослин і різноманітно діє на людський організм.

Незважаючи на те, що дослідження тропосферного озону ведуться із найрізноманітніших напрямів, до цих пір є багато проблем, які вимагають свого рішення для розуміння процесів, що визначають його мінливість [6]. Саме тому, метою даної роботи є дослідження особливостей взаємозв'язку між періодичними складовими в часових рядах середньомісячних значень приземного озону на деяких станціях України та індексу ПАК.

Матеріали та методи дослідження. Алгоритм дослідження стаціонарних процесів заздалегідь було реалізовано на ПЕОМ (комп'ютерна програма «Spektr») [3]. Це дало можливість отримати статистичні оцінки взаємної спектральної щільності приземного озону на 5 станціях, що розташовані на півдні України.

Для дослідження приземного озону в Україні, були отримані дані середньомісячних значень озону в приземному шарі на п'ятьох станціях, розташованих в різних географічних широтах: Асканія Нова, Одеса, Кіровоград та Вінниця за період 1996-2000 рр., з сайту (www.portal.ecmwf.int/data/d/era40_daily) (табл. 1). Досліджуються часові ряди середньо місячних значень приземного озону на ст. Асканія Нова, Ізмаїл, Одеса, Кіровоград та Вінниця [процес X] та середньо місячних значень індексу NAO [процес Y]. Ряди були сформовані за період 1996-2000 рр. ($N = 60$) й мають дискретність 1 місяць. Як приклад пропонуємо розглянути одну станцію, а саме станцію Одеса, яка розташована $46^{\circ}29'$ пн.ш. та $30^{\circ}38'$ сх.д., висота над рівнем моря складає 54 м. Оскільки взаємна спектральна щільність є комплексною функцією, будемо її характеризувати дійсними функціями табл. 1.

Результати та їх аналіз. Користуючись комп'ютерною програмою «Spektr» було отримано статистичні оцінки взаємної спектральної щільності приземного озону та індексу ПАК для станції Одеса (табл. 1). За даними таблиці 1 побудовані графіки функцій: ко-спектра C_{xy} (рис. 1), квадратурного спектра Q_{xy} (рис. 2) та когерентності γ (рис. 3).

Вірогідність статистичних оцінок взаємної спектральної щільності визначити по когерентності за умови $\gamma \geq 0,70$. Також з'ясуємо, на яких частотах (періодах) енергія взаємозв'язку в рядах приземного озону на станціях, що розглядаються, є найбільшою.

Таблиця 1.

Статистичні оцінки взаємної спектральної щільності
приземного озону та індексу ПАК для станції Одеса

№ п/п	C_{xy}	Q_{xy}	$\gamma(\omega)$	T_K , місяць	$\psi(\omega)$, град.	ψ , місяць
4	235,3	139,8	0,81	15,0	30,73	1,3
9	-53,9	-109,6	0,70	6,7	63,84	1,2
12	245,3	-99,4	0,74	5,0	337,93	0,3
16	80,5	-8,3	0,80	3,8	354,11	0,1
17	69,8	-18,8	0,73	3,5	344,92	0,1
18	81,4	-8,3	0,83	3,3	354,17	0,1
24	-107,5	-87,9	0,76	2,5	39,29	0,3

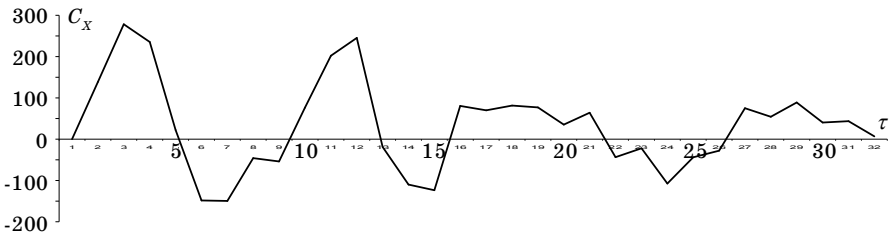


Рис. 1. Косинусний спектр приземного озону на ст. Одеса та індексу ПАК

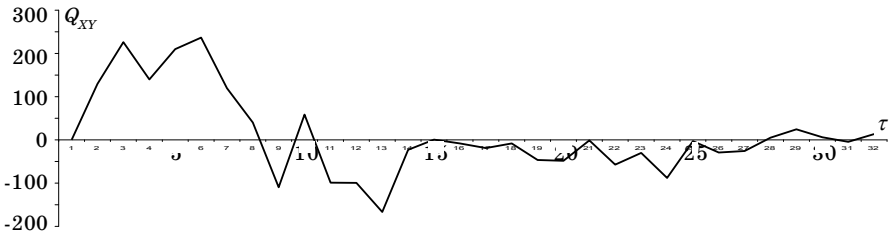
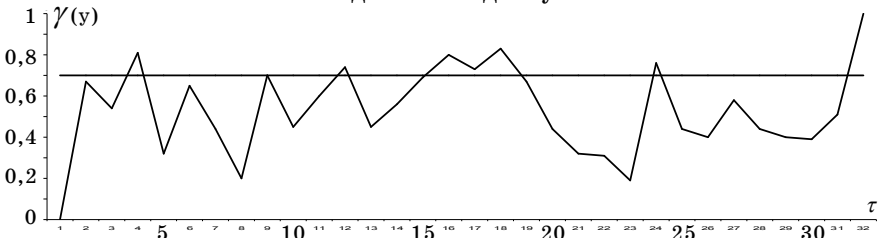
Рис. 2. Квадратурний спектр приземного озону
на ст. Одеса та індексу ПАК

Рис. 3. Когерентність приземного озону на ст. Одеса та індексу ПАК

Далі були розрахована спектральна щільність середньо місячного приземного озону за всі місяці на станції Одеса [процес X] та індексу ПАК [процес Y]. На рис. 4, 5 представлені відповідні спектрограми. Для визначення вірогідності статистичної оцінки спектральної щільності використовується довірчий інтервал, для якого значення оцінки спектра попадає з заданою ймовірністю. Нуль гіпотеза формулюється таким чином: на рівні значущості 0,3 та 0,2 відсутні гармонічні коливання в процесі X на фоні спектра реалізації «червоного шуму». В даному випадку перевірка статистичної гіпотези не проводилася. При значному внеску в процес X «червоного шуму», в силу стаціонарності процесу, лінійний середній рівень спектральної щільності перетворюється у нелінійний, спадаючий до низьких частот (рис. 4).

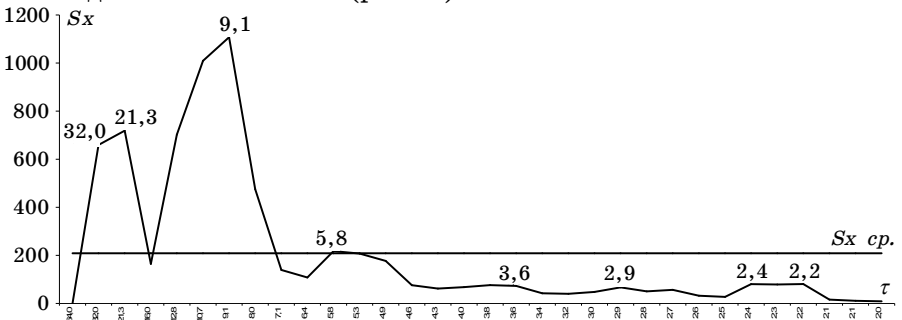


Рис. 4 Спектрограма приземного озону на ст. Одеса

Як впливає з рис. 4, в спектральній щільності середніх місячних значень приземного озону на ст. Одеса за період 1996-2000 рр. виявлені, річні коливання з періодами 9,1 місяців, піврічні — 5,8 та 3,6 місяця, сезонні коливання — 2,9, 2,4 та 2,2 місяця. Також були виявлені періодичні коливання з періодом 21,3 (1,8 року) та 32,0 місяця (2,7 року).

Оцінка «білого шуму» в процесі Y формувалася на рівні значущості 0,3 та 0,2 при ймовірності 70 та 80 % і складалася з порівняння оцінки спектральної щільності $\hat{S}_x(\omega)$ зі значенням $S_{кр}(\omega)$ заданої ймовірності, які приймалися в якості меж довірчого інтервалу. В табл. 2 представлені основні статистичні характеристики для розрахунків меж довірчих інтервалів на заданих рівнях значущості $\alpha = 0,3$ та $\alpha = 0,2$ при визначенні періодичних компонент в спектральній щільності окремих випадкових процесів, що розглядаються.

Таблиця 2.

Основні характеристики для розрахунків довірчих інтервалів та їх меж

Рівень значущості α	$\chi_{кр}^2(\alpha, \nu)$	$S_{кр}(\omega)$	$I_{\alpha}[S_y(0)]$
$\alpha = 0,2$	19,30	1,23	532,50
$\alpha = 0,3$	17,30	1,12	484,80

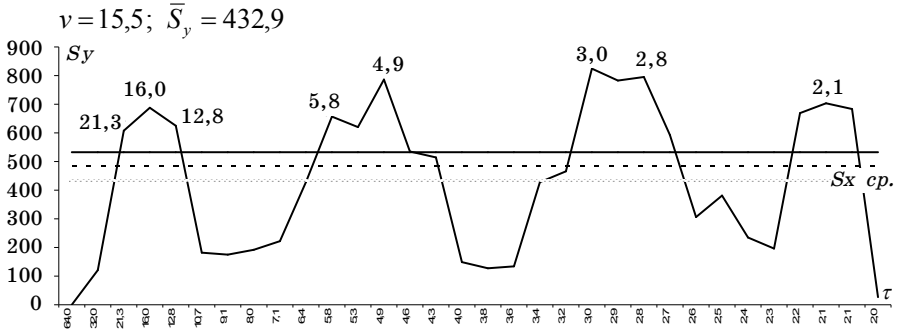


Рис. 5 Спектрограма індексу ПАК і довірчі інтервали, які побудовані з ймовірністю 70 % (.....) та 80 % (————)

Вихід піків спектральної щільності за верхню межу довірчого інтервалу свідчить про вірогідність частот (періодів) максимальної енергії періодичних коливань, що притаманні окремому випадковому процесу.

Як впливає з рис. 5, з ймовірністю як 80, так и 70 %, в спектральній щільності середніх місячних значень індексу Північно-Атлантичного коливання виявлені періодичні коливання з періодом 21,3 місяця (1,8 року), 16,0 місяців, річні — 12,8 місяців, піврічні — 5,8 місяця, коливання з періодом 4,9 місяців, сезонні коливання — 3,0, 2,8 місяця та 2-місячні. Причому, коливання з періодом 21,3 місяця (1,8 року), які можна віднести до 2-річних, як відомо, є найбільш характерними для багатьох метеорологічних величин, а також для кліматичних індексів.

Далі був визначений початок фази кожного процесу (табл. 2). Як показали розрахунки, тільки для гармонік 5,0; 3,8; 3,5 та 3,3 місяців, які відповідають піврічним та сезонним коливанням спостерігається випередження процесу Y по відношенню до процесу X на період від 3 до 9 днів. Всі інші періодичні коливання 15,0; 6,7 та 2,5 місяців характеризуються випередженням процесу X по відношенню до процесу Y на 1,3; 1,2; місяця та на 9 днів відпов-

ідно. Малоймовірно, що приземній озон на ст. Одеса впливає на Північно-Атлантичне коливання, тому треба зробити висновок, що існує інший процес, який впливає як на приземний озон на станціях України та й на Північно-Атлантичне коливання.

Далі були проведені розрахунки для інших досліджених станцій України: ст. Асканія Нова, Ізмаїл, Кіровоград та Вінниця. Аналіз отриманих результатів показав, що на досліджених станціях України спостерігається деякі закономірності (рис. 6, 7):

- практично для всіх станцій характерні гармоніки 3,5; 5,0 (місяців), при яких спостерігається випередження процесу Y по відношенню до процесу X, тільки для станції Кіровоград значення гармоніки відповідає 10 місяцям (рис. 6);
- практично для всіх станцій характерні гармоніки 2,5; 15,0 (місяців), при яких спостерігається випередження процесу X по відношенню до процесу Y, та для станцій Кіровоград та Асканія Нова присутні також гармоніки 30,0 місяців (рис. 7), ця закономірність являється підтвердженням існування іншого крупномасштабного процесу, який впливає як на приземний озон на станціях України так й на Північно-Атлантичне коливання.



Рис. 6. Характерні гармоніки (місяці), при яких спостерігається випередження процесу Y по відношенню до процесу X



Рис. 7. Характерні гармоніки (місяці), при яких спостерігається випередження процесу X по відношенню до процесу Y

Висновки. Таким чином, взаємний спектральний аналіз дав можливість визначити вклад коливань різної частоти (періоду) в загальну дисперсію двох процесів. Отримані висновки ще раз підтверджують існування статистично значущого зв'язку між приземним озоном та індексом ПАК на станції України.

Але існує відміна між станціями розташованими в центральних та південно-центральної областях та станціями південної та

західної України. Цей висновок треба перевірити на виборці, в яку будуть входити станції більшості областей України.

Також необхідно виявити, який крупно масштабний процес одночасно впливає на як на приземний озон на станціях України так й на Північно-Атлантичне коливання.

Література

1. Борисова С. В. Озон в атмосфері. — К.: СМІЛ, 2001. — 70 с.
2. Белан Б. Д. Тропосферный озон. Свойства и роль в природных и техногенных процессах. Институт оптики атмосферы СО РАН. — Томск, 2007.
3. Школьний Є. П., Лосєва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. — Одеса, 1999. — 600 с.
4. Хргиан А. Х. Аномалии атмосферного озона в северном полушарии в 1982-87 гг. // Атмосферный озон. — М.: Гидрометеоиздат, 1999. — С. 137-144.
5. Александров Э. Л., Израэль Ю. А. и др. Озонный щит Земли и его изменения. — С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1992. — 386 с.
6. Хргиан А. Х., Кузнецов Д. И. Проблема наблюдений и исследований атмосферного озона. — М.: МГУ, 1981. — 216 с.

Резюме

В статье рассматривается выявленная взаимосвязь между периодическими составляющими во временных рядах среднемесячных значений приземного озона и среднемесячных значений индекса Северо-Атлантического колебания с помощью взаимного спектрального анализа.

УДК 551.5

*О. В. Катеруша
Т. А. Сафранов*

ОЦІНКА ТЕПЛОВІДЧУТТЯ ЛЮДИНИ (на прикладі районів Одеської області)

Вступ. Вплив метеорологічних чинників на організм людини багатогранний і проявляється він через конкретні умови погоди. Зокрема, від температури повітря залежить глибина і частота дихання, швидкість циркуляції крові, характер постачання кисню клітинам, особливості вуглеводного, сольового, жирового і водного обмінів та робота м'язів; вплив вологості на людський організм пов'язаний з

регуляцією водного обміну; від вітру залежить комфортний стан людини в теплий і холодний періоди року, бо він здатний істотно змінити швидкість тепловіддачі організму тощо [1]. При аналізі впливу погоди і клімату на людину слід виходити зі створення комфортних умов проживання, які б забезпечували збереження здоров'я та високу продуктивність праці. У той же час зрозуміло, що на людину впливають не окремі метеорологічні величини, а увесь їх складний комплекс. І в такому комплексі є елементи, які суттєво впливають на фізіологічні системи організму людини, визначаючи її стан і самопочуття. Метою даної роботи є визначення і аналіз деяких біокліматичних показників в літній період, і дослідження їх просторового розподілу по території районів Одеської області.

Матеріали і методи досліджень. До метеорологічних факторів належать температура (t) повітря, вологість повітря (у т. ч. відносна вологість f), вітер (у т. ч. швидкість вітру v), атмосферний тиск (p), сонячна радіація і т.ін. Вплив цих природних факторів на організм людини багатогранний і неоднозначний. Проте, можна виділити три основні напрямки. По-перше, вплив природних факторів, обумовлених як багаторічним режимом погоди (кліматом), так і неперіодичними змінами в атмосфері. По-друге, вплив факторів зовнішнього середовища, пов'язаних з антропогенними впливами. Багато перетворень у навколишньому середовищі, що пов'язані з виробничою діяльністю людини, несприятливо впливають на організм. По-третє, цілеспрямоване застосування метеорологічних факторів у виді кліматолікувальних і кліматопротиплактичних процедур [2; 3; 4].

Для оцінки біоклімату найчастіше застосовуються комплексні показники, що відбивають тепловий стан людини, оскільки клімат і погода впливають, насамперед, на термічний режим організму і його функціональна діяльність багато в чому залежить від умов теплообміну з зовнішнім середовищем. Ці показники дозволяють оцінити біокліматичні ресурси (*БКР*) конкретних територій, визначити їхній рекреаційний потенціал (*РП*), розв'язати низку окремих задач, пов'язаних з оптимізацією біоклімату. У біокліматології для оцінки комплексних метеорологічних умов, що визначають тепловідчуття людини, використовується, насамперед, система розрахункових ефективних температур: еквівалентно-ефективних (*ЕЕТ*), радіаційно-еквівалентно-ефективних (*РЕЕТ*) тощо [4].

Емпіричним шляхом встановлена низка сполучень t , f і v , при яких ефект впливу на величину тепловіддачі і тепловідчуття буде

однаковим. Наприклад, аналогічні тепловідчуття виникають при наступних умовах: 1) $t = 18,0$ °C, $f = 100$ %, штиль; 2) $t = 24,5$ °C, $f = 100$ %, $v = 2$ м/с; 3) $t = 28,0$ °C, $f = 50$ %, $v = 3$ м/с; 4) $t = 31,0$ °C, $f = 10$ %, $v = 5$ м/с. Таким чином, *EET* — це така температура, при якій у нерухомому і насиченому вологою повітрі тепловідчуття людини таке ж, як при даному сполученні t , f і v вітру.

Формула для розрахунку *EET* для оголеної людини, має вигляд [5]:

$$EET = t[1 - 0,003(100 - f)] - 0,385v_2^{0,59}[(36,6 - t) + 0,622(v_2 - 1)] + [(0,0015v_2 + 0,0008)(36,6 - t) - 0,0167](100 - f) \quad (1)$$

де t — температура повітря, °C; f — відносна вологість повітря, %; v_2 — швидкість вітру на висоті 2 м, м/с; $v_2 = v/1,3$.

Тепловідчуття одягненої й оголеної людини за тих самих метеорологічних умов різне, тому розроблено дві шкали *EET* — «основна шкала» для оголеної людини (*EET*) і «нормальна шкала» для людини, одягненої в звичайний, стандартний одяг (нормальна еквівалентно-ефективна температура — *HEET*).

HEET розраховується по формулі Місенарда:

$$HEET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v_2^{0,75}}} - 0,29t \left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (2)$$

або по більш простій формулі, запропонованій І. В. Бут'євою [6]:

$$HEET = 0,8 \cdot EET + 7 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

В даній роботі для оцінки комплексних метеорологічних умов, що визначають тепловідчуття людини, було використано *HEET*, яку визначено за формулою (2).

Аналіз результатів досліджень. Для визначення і аналізу деяких біокліматичних показників в літній період, і дослідження їх просторового розподілу по території Одеської області використовувались результати метеорологічних спостережень за t , f та v вітру о 12 годині кожного дня липня за 5-річний період (2003-2007 рр.) на 11 метеорологічних станціях Одеської області (Любашівка, Затишся, Сербка, Роздільна, Одеса, Іллічівськ, Білгород-Дністровський, Сарата, Болград, Вилкове, Ізмаїл).

Просторовий розподіл всіх трьох згаданих метеорологічних величин дозволяє зробити наступні висновки: 1) розподіл температури по території Одеської області не виражений. Але найнижче значення її 25,5 °С визначено в Одесі, найвище 28,3 °С — в Сараті та 28,1 °С — в Ізмаїлі; 2) найсуттєвіших змін у просторі зазнає відносна вологість — від 61 % (Іллічівськ) до 44-43 % (Любашівка і Болград), тобто по мірі віддалення від узбережжя; 3) просторовий розподіл швидкості вітру не є чітко вираженим. Проте, максимальні швидкості спостерігались в Іллічівську (5 м/с) і Білгород-Дністровському (4,9 м/с), мінімальне значення (2,2 м/с) — у Вилковому.

Великі коливання t можуть викликати у людини метеотропні реакції. В якості біокліматичного критерію прийнято значення міждодової мінливості t повітря, які можуть бути пов'язані з проходженням атмосферних фронтів. [3] На всій досліджуваній території переважають (з повторюваністю 46-63 %) коливання t від доби до доби менше 2,0 °С, які є непомітними для людини (табл. 1).

Таблиця 1.

Повторюваність міждодової мінливості температури повітря, %

Назва станції	0-2 °С	2-4 °С	4-6 °С	6-8 °С	8-12 °С	> 12° С
Білгород-Дністровський	57,3	29,3	10,7	2,7	0,0	0,0
Болград	48,7	32,0	10,7	4,6	4,0	0,0
Вилкове	52,0	31,3	10,7	4,7	1,3	0,0
Затишшя	47,3	30,7	12,7	6,7	2,0	0,6
Ізмаїл	53,7	27,3	15,3	2,7	2,0	0,7
Іллічівськ	62,8	26,4	8,1	1,4	1,3	0,0
Любашівка	46,0	32,0	12,7	5,3	3,3	0,0
Одеса	63,3	22,0	10,0	4,7	0,0	0,0
Роздільна	50,7	29,3	10,7	6,0	3,3	0,0
Сарата	52,0	31,3	10,7	4,7	1,3	0,0
Сербка	50,0	26,0	14,0	8,0	2,0	0,0

Але на півночі області міждодова мінливість t у 9-10 % випадків перебільшує 6,0 °С, тобто є відчутною (Сербка, Роздільна, Любашівка і Затишшя), а в деяких районах вона перебільшує 12,0 °С і є дратуючою для організму людини (Любашівка, Затишшя). Найбільших значень міждодова мінливість сягає у 2007 році і становить 13,7 °С. Найменші значення її спостерігаються в Одесі і Іллічівську.

Відомо, що жарка погода на Одещині може спостерігатись з квітня по вересень. Повторюваність таких умов у липні тут становить, зазвичай, більше 50 %, але іноді близька до цієї величини

(47-48 % — Любашівка, Одеса, Сарата). Найчастіше жаркі погодні умови спостерігаються у Білгород-Дністровську (92 дні за 5 років), а найрідше — у Любашівці (72 дні за 5 років); дуже жаркі відповідно — у Сараті (52 дні за 5 років) і Іллічівську (8 днів за 5 років). Найбільша повторюваність температури $\geq 25,0$ °C спостерігалась у Вилковому і Сараті (відповідно 84 і 81 %), а найменша — в Одесі і Іллічівську (56-57 %).

Зона комфорту по вологості повітря для практично здорових людей коливається в межах від 45 до 80 %. За умов посухи, коли вологість повітря не перевищує 30 %, різко збільшується вологовіддача з боку організму. При $f > 80$ % випаровування утруднено, відчуття жару більш неприємне. Хворі гіпертонічною хворобою і коронарним атеросклерозом дуже чутливі до коливань f . У таких хворих переважна більшість приступів настає при відносній вологості 80-95 %. У табл. 2 наведено повторюваність відносної вологості по градаціях. З даної таблиці видно, що комфортні умови по вологості спостерігаються найчастіше у Білгород-Дністровську, Одесі, Іллічівську і Вилковому (повторюваність їх 77-64 %). В той же час саме у Іллічівську найчастіше (з повторюваністю 18 %) повітря буває і дуже вологим. У решті пунктів переважає сухе повітря ($f < 45$ %).

Таблиця 2.

Повторюваність відносної вологості (f), %

Назва станції	Сухе повітря	Комфортне	Дуже вологе
	< 45 %	45-80 %	> 80 %
Білгород-Дністровський	16,8	76,8	6,4
Болград	60,7	34,8	4,5
Вилкове	32,2	63,9	3,9
Затишшя	52,3	40,6	7,1
Ізмаїл	67,1	30,3	2,6
Іллічівськ	16,2	66,2	17,6
Любашівка	62,6	32,2	5,2
Одеса	20,6	71,6	7,8
Роздільна	49,7	43,9	6,4
Сарата	56,8	36,1	7,1
Сербка	52,2	42,6	5,2

Результати розрахунків у вигляді повторюваностей надано у табл. 3. Аналіз виконаних за наведеною формулою розрахунків показав, що на території Одеської області влітку можливі тепловідчуття людини від дуже прохолодних до сильних теплових навантажень. Але переважають теплі комфортні умови (значення $HEET$ в

межах 18,1-24,0 °С). Найчастіше (з повторюваністю 90 %) комфортні умови (помірно-теплі, коли $HEET = 12,1-18,0$ °С, і теплі) в липні спостерігаються в Одесі. Найбільші теплові навантаження на організм людини відбуваються у Вилковому і Сараті, очевидно за рахунок високих температур.

Таблиця 3.

Повторюваність $HEET$, %

Назва станції	Дуже прохолодно	Прохолодно	Помірно тепло	Тепло	Пом. теп. навант.	Сил. теп. навант.
	0,1-6,0 °С	6,1-12,0 °С	12,1-18,0 °С	18,1-24,0 °С	24,1-30,0 °С	> 30,0 °С
Б. - Дністровський	0,6	2,6	19,4	66,5	10,3	0,6
Болград	0,0	0,7	17,4	60,6	20,6	0,7
Вилкове	0,0	1,3	4,5	60,6	32,3	1,3
Затишся	0,6	3,9	20,7	60,6	14,2	0,0
Ізмаїл	0,0	1,9	11,0	69,0	16,8	1,3
Іллічівськ	0,0	3,3	18,2	66,2	12,3	0,0
Любашівка	0,7	3,2	21,9	61,3	12,9	0,0
Одеса	0,0	0,6	16,8	73,6	9,0	0,0
Роздільна	0,0	3,9	12,9	64,5	16,8	1,9
Сарата	0,6	1,3	9,7	56,8	31,0	0,6
Сербка	0,0	1,3	14,8	52,9	28,4	2,6

Цінність $HEET$ полягає в тому, що її можна використовувати як для теплої, так і для холодної пір року. Цей комплексний показник придатний для глобальної біокліматичної класифікації [1].

Висновки. Оцінка комплексного впливу метеорологічних величин на організм людини на території Одеської області у липні дозволяє зробити наступні висновки:

1. Міждобова мінливість температури повітря найчастіше є непомітною для людини (< 2 °С). Найменші значення її спостерігаються в Одесі та Іллічівську. На півночі області міждобова мінливість температури у 9-10 % випадків перебільшує 6,0 °С, тобто є відчутною (Сербка, Роздільна, Любашівка і Затишся), а в деяких районах вона перебільшує 12,0 °С і є дратуючою для організму людини (Любашівка, Затишся). Найбільших значень міждобова мінливість сягає у 2007 році і становить 13,7 °С.
2. Комфортні умови по вологості спостерігаються найчастіше у Білгород-Дністровську, Одесі, Іллічівську і Вилковому (повторюваність їх відповідно 77, 72, 66 і 64 %). В той же час саме у Іллічівську найчастіше (з повторюваністю 18 %) повітря буває і дуже вологим. У решті пунктів переважає сухе повітря (відносна вологість < 45 %).

3. Тепловідчуття людини змінюються від дуже прохолодних до сильних теплових навантажень. Але переважають теплі комфортні умови (значення НЕЕТ в межах 18,1-24,0 °С). Найчастіше (з повторюваністю 90 %) комфортні умови (помірно-теплі, коли НЕЕТ = 12,1-18,0 °С, і теплі) в липні спостерігаються в Одесі. Найбільші теплові навантаження на організм людини відбуваються у Вилковому і Сараті, скоріш за все за рахунок високих температур.

Література

1. Бокша В. Г., Богуцкий П. В. Медицинская климатология и климатотерапия. — К.: Здоровье, 1980. — 196 с.
2. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Прикладна кліматологія. Консп. лекцій. — Дніпропетровськ: Економіка, 2005. — 131 с.
3. Исаев А. А. Экологическая климатология. — М.: Научный мир, 2001. — 456 с.
4. Байбакова Е. М., Невраев Г. А., Чубуков Л. А. Методика анализа климата курортов и метеорологических условий климатотерапии // Очерки по климатологии курортов. — М., 1963. — С. 5-42.
5. Айзенштат Б. А. Метод расчета некоторых биоклиматических показателей // Метеорология и гидрология. — 1964. — № 12. — С. 9-16.
6. Бутьева И. В. Зональные особенности метеорологических условий теплоощущения человека // Климат и человек. Вопросы географии. — 1972. — № 89. — С. 51-54.
7. Хентшел Г. Крупномасштабная и локальная классификация климата с точки зрения биометеорологии человека // Труды Международного симпозиума ВМО (ВОЗ) ЮНЕП. — М., 1988. — Т. 1. — С. 139-159.

Резюме

В статье рассматривается влияние метеорологических условий (температуры, относительной влажности и скорости ветра) на организм человека. Для определения и анализа биоклиматических показателей использованы результаты метеорологических наблюдений за 5-летний период (2003-2007 гг.) на 11 метеорологических станциях Одесской области.

*С. П. Нагаєва,
С. А. Мураховська*

ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЗЛИВОВИХ СТІЧНИХ ВОД НА СТАН МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА РЕКРЕАЦІЙНОЇ ЗОНИ М. ОДЕСИ

Одеса — один із найбільших курортних та туристичних центрів України. Природно-кліматичні умови, наявність рекреаційних ресурсів сприяли розвитку мережі санаторіїв, будинків відпочинку, пансіонатів, санаторіїв-профілакторіїв, дитячих оздоровчих закладів. За багатством та різноманітністю природних лікувальних ресурсів, а також за кількістю курортно-оздоровчих закладів місто займає одне з провідних місць в Україні.

Характерною рисою кліматичних умов міста Одеси є випадання короткочасних інтенсивних злив у курортний сезон з середньою інтенсивністю 0,55-0,85 мм/хв. і шаром опадів більше 35 мм. Відповідно до Постанови Місцевої Ради в цей період для попередження підйому рівня ґрунтових вод і, як наслідок, затоплення центральної частини міста дозволено скидання зливових стічних вод в акваторію Одеського морського торговельного порту через Деволановський випуск.

Місто Одеса ділиться на 3 басейни каналізування: Північний, Південний і житловий район Котовського. Кожен басейн має відокремлену схему каналізації. Каналізація Південного району, в основному, виконана по повній роздільній системі, що передбачає окремий відвід стічних вод певної категорії (побутових, промислових і дощових вод). Відвід дощових вод з території південного басейну здійснюється закритою мережею колекторів зі скиданням у море через три випуски в районі Аркадії, 10 та 16 станцій Великого Фонтану. Очисні споруди на зливних колекторах відсутні. У цей час постійно діючими зливними випусками є випуски на 10 та 16 станціях В. Фонтану. Випуск зливової каналізації в Аркадії опломбований і відкривається тільки в період інтенсивного дощу (за інформацією Державної екологічної інспекції охорони довкілля північно-західного регіону Чорного моря). Система каналізації центральної й північної частини міста історично склалась як загальносплавна, що має одну водовідвідну мережу, призначену для спільного відведення стічних вод всіх типів (рис. 1).

За своїми гідрохімічними і мікробіологічними показниками зливові стоки м. Одеси ідентичні недостатньо очищеним і неочище-

ним стічним водам промислових підприємств і міських каналізаційних колекторів (табл. 1). Рівень вмісту в них нітратів і нітритів на 2 порядки перевищує вміст у морських водах. Загальна кількість нафтопродуктів коливається від 0,8 до 42,0 мг/дм³.

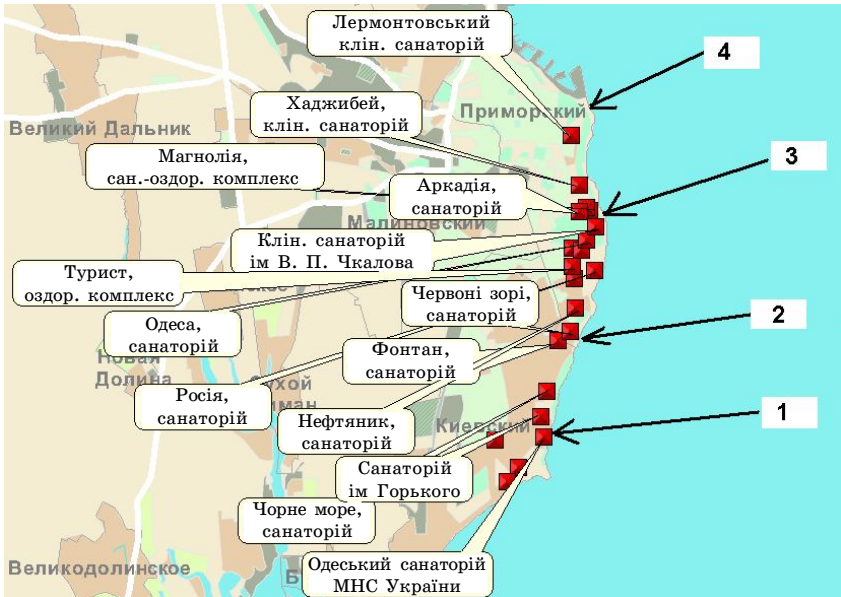


Рис. 1. Карта-схема розташування випусків зливових вод в рекреаційній зоні м. Одеси (1 — 16. ст. В. Фонтану; 2 — 10 ст. В. Фонтану; 3 — «Аркадія»; 4 — Деволановський випуск)

Щоб регламентувати аварійні скиди зливових стічних вод, насамперед, необхідно визначити розрахункову витрату дощових вод. Витрату дощових вод, л/с, визначають методом граничних інтенсивностей за формулою [2]:

$$Q = \frac{Z_{cp} A^{1,2} F}{t^{1,2n-0,1}} \quad (1)$$

де Z_{cp} — середнє значення коефіцієнта, що характеризує поверхню басейну стоку; A — параметр, що розраховується за формулою; F — розрахункова площа стоку, що дорівнює всій площі стоку або частини її, яка дає максимальну витрату води, га; t — розрахункова тривалість дощу, дорівнює тривалості протікання дощових вод по поверхні і трубах до розрахункової ділянки, сек.; n — показ-

ник ступені, залежить від кліматичних умов і визначається по відповідній таблиці [2].

Таблиця 1.

Концентрація основних забруднюючих речовин зливовому стоці [18]

Показник	Концентрація	ГДК
Завислі речовини, мг/дм ³	300	Перевищення не більш ніж на 0,75 від фону
Нафтопродукти, мг/дм ³	24,00	0,05
Фосфати, мг/дм ³	0,5	0,2
Азот амонійний, мг/дм ³	2,50	0,39
Сухий залишок, мг/дм ³	250	100
СПАР, мг/дм ³	0,52	0,10
Свинець, мг/дм ³	0,50	0,10
Цинк, мг/дм ³	1,13	0,01
Мідь, мг/дм ³	0,240	0,001
Колі-індекс, млн. кл/л	1,285	0,250

Об'єм зливових стічних вод (м³) розраховується за формулою:

$$W = Q \cdot T \quad , \quad (2)$$

де Q — витрата зливових або стічних вод, м³/доб; T — тривалість дощу або аварійного скиду, доб.

Всього проаналізовано плювіограми 300 дощів за період 1997-2007 рр. для курортного сезону (травень-вересень) для пляжів Ланжерон, Аркадія, 10 та 16 ст. Великого Фонтану. Встановлено, що 1998 та 2003 роки характеризувалися найбільшою повторюваністю інтенсивних короткочасних опадів з шаром опадів за курортний сезон відповідно 278,0 та 304,6 мм, а 1997 р. та 2004 р. — найменшою повторюваністю інтенсивних короткочасних опадів з шаром опадів за курортний сезон відповідно 203,4 і 200,5 мм (рис. 2).

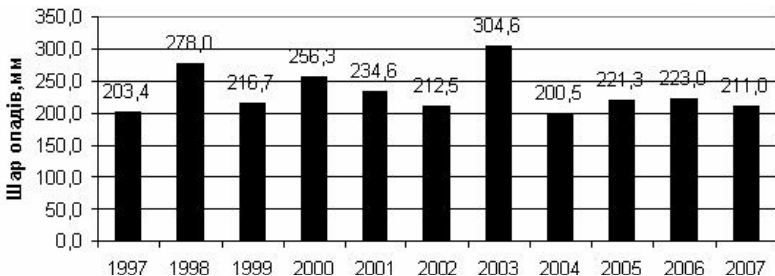


Рис. 2. Розподіл сумарного шару опадів в курортний період 1997-2007 рр.

Для оцінки впливу зливових вод на стан морського середовища досліджуваного регіону визначені їх витрати та об'єми за 1997-2007 рр. для пляжів Ланжерон, Аркадія, 10 та 16 ст. Великого Фонтану. Для розрахунку водозбірної поверхні зливових вод з карти м. Одеси були спланометровані площі ділянок для відповідних пляжів. Так, за розрахунковий дощ в акваторію пляжу Ланжерон потрапило 541,12 м³ зливових стічних вод, в акваторію пляжу Аркадія — 409,2 м³, 10 ст. Великого Фонтану — 382,8 м³, 16 ст. Великого Фонтану — 396,0 м³. Взагалі в акваторію рекреаційної зони міста Одеси потрапило 1729,12 м³ зливових стічних вод. Загальний об'єм утворених зливових вод для даних пляжів за розглянутий період становить 48930,2 м³, що здійснює значне антропогенне навантаження на стан морського середовища рекреаційної зони м. Одеси (табл. 2).

Таблиця 2.

Загальний об'єм утворених зливових вод, що потрапили в акваторію рекреаційної зони м. Одеси за курортний період 1997-2007 рр.

Рік	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Об'єм, м ³	3843,7	4567,9	5229,0	4387,6	4226,7	3978,9	5783,7	3824,7	4452,3	4322,9	4312,8

Скид зливових стічних вод приводить до спалахів інфекційних захворювань (холера, дизентерія, черевний тиф), загостренню шкірних захворювань (різноманітного роду дерматити) та захворювань шлунково-кишкового тракту. Саме через це закриваються пляжі, вводиться карантин під час курортного сезону, так як збільшення захворюваності відпочиваючих має кореляційний зв'язок з незадовільним санітарно-епідеміологічним станом морських вод.

Зливі стічні води також сприяють розвитку антропогенної евтрофікації морських вод Одеської затоки. В результаті надходження біогенних речовин разом зі зливовим стоком валова первинна продукція фітопланктону в першу добу після закінчення дощу збільшується у прибережній зоні Одеського району від 5 до 45 %. Максимуми зростання продукції органічних речовин відповідають місцю розташуванню основних зливових випусків в морі.

Для оцінки негативного впливу зливових стічних вод на стан морського середовища в зоні активного водокористування розраховано динаміку зміни концентрації найбільш характерних забруднюючих речовин. Розрахунки основані на розв'язанні диференціального рівняння турбулентної дифузії [3]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \frac{\partial C}{\partial y} + V_z \frac{\partial C}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) - u \frac{\partial C}{\partial y} \quad (3)$$

де C — концентрація речовини; V_x , V_y , V_z — проекції вектора середньої швидкості течі; D — коефіцієнт турбулентної дифузії; u — гідравлічна крупність завислих частинок.

На основі отриманих результатів побудовані графіки зміни концентрацій основних забруднюючих речовин у морському середовищі з урахуванням границь морського водокористування (напр., рис. 3).

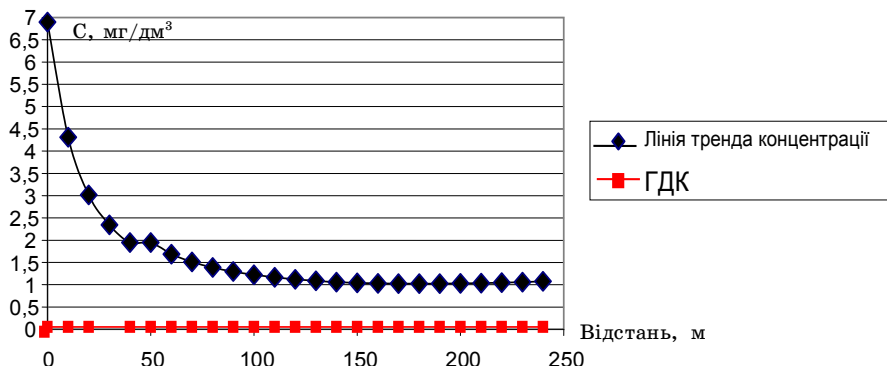


Рис. 3. Динаміка зміни концентрації нафтопродуктів в залежності від відстані, де спостерігається найбільше перевищення ГДК

Встановлено, що по завислим речовинам перевищення ГДК складає 1,9 разів, по нафтопродуктам — 20 разів, по азоту амонійному — 1,2 рази, по цинку — 5 разів, за показником колі-індекс — у 2,72 рази.

Для зменшення впливу зливових стічних вод на екологічний стан морського середовища доцільно продовжити довжину зливових випусків в морі на відстань, де концентрація забруднюючих речовин буде прийматиме значення на рівні ГДК.

Для обґрунтування проектної відстані від берегового урізу до місця скиду виконані розрахунки розводження забруднюючих речовин згідно вище розглянутої моделі. В розрахунках приймалося початкове значення концентрації на відстані 250 м від берегу. Кінцева концентрація задавалася на рівні ГДК. Діапазон розрахункової відстані складає від 550 м для фосфатів до 1500 м для нафтопродуктів. Таким чином, рекомендовано продовжити довжину зливових випусків на відстань до 1,5 км, орієнтуючись на найбільшу відстань для нафтопродуктів.

В залежності від розрахованого кроку в часі при розрахунку розводження забруднюючих речовин, які вносяться в море із зливовим стоком, та з урахуванням відстані, де концентрація речовини приймає значення на рівні ГДК, розраховано час зменшення концентрації забруднюючих речовин до рівня ГДК. Встановлено, що найменший час потрібний для розводження до рівня ГДК складає 3 доби для фосфатів, найбільший (7 діб) — для нафтопродуктів, який рекомендується за розрахунковий.

Збитки для самовільних, аварійних і санкціоновано змушених скидань зворотних вод (крім скидань з водяних транспортних засобів) визначаються за формулою [4]:

$$Уб.ав. = V \cdot T \cdot (C_{сф} - C_{д}) \cdot \sum (0,003 \cdot A_i \cdot n) \cdot \& \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

де V — витрати зворотних вод, м³/рік; T — тривалість ненормативного скидання, години; $C_{сф}$ — середня фактична концентрація забруднюючих речовин у зворотних водах, мг/дм³; $C_{д}$ — дозволена до скидання концентрація забруднюючих речовин у водах, мг/дм³; 0,003 — базова ставка відшкодування збитків, у частинах НМД/кг; A_i — показник відносної небезпеки речовини, визначається відношенням 1/СПДК; n — величина НМД громадян в одиницях національної валюти; $\&$ — коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта; 10^{-3} — коефіцієнт, який враховує розмірність величин.

Сума збитків за розрахунковий період складає 202,4 тис. грн., але вона не компенсує шкоду, завдану морській екосистемі скидом зливових стічних вод (табл. 3).

Таблиця 3.

Загальний розмір відшкодування збитків за забруднення акваторії рекреаційної зони м. Одеси зливовими стічними водами за курортний період 1997-2007 рр.

Рік	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Збитки, тис.грн.	16,63	19,65	17,89	15,76	16,70	20,45	22,65	14,70	18,30	19,76	19,56

Таким чином, для зниження антропогенного навантаження на морське середовище рекреаційної зони м. Одеси зливовими стічними водами можна рекомендувати:

- удосконалення геоінформаційної системи моніторингу якості морських вод в дощовий період;
- подовження довжини випусків зливових вод в морі в районі рекреаційної зони до 1,5 км, що дозволить збільшити кратність основного розводження забруднюючих речовин.

- регламентація скиду зливових стічних вод шляхом побудови насосної станції або додаткового накопичувального резервуару.

Література

1. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. — М.: Стройиздат, 1981. — 639 с.
2. Климентьев И. И., Бабич И. В. Санитарно-гигиенические аспекты состояния прибрежной зоны г. Одессы // Экологические проблемы Черного моря. Сб. науч. ст. — Одесса: ОЦНТИ, 1999. — С. 112-116.
3. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Моделювання та прогнозування стану довкілля» для студентів III курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Під ред. Л. М. Полетаєвої, С. М. Юрасова, В. Г. Ільїної та ін. — Одеса, ОДЕКУ, 2006. — 140 с.
4. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів № 37 від 18 травня 1995 р. // Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. — 30 с.

А. Л. Казаков

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

Остров Змеиный находится в Черном море, в 30 км от побережья Одесского региона. Вошел в состав Украины в 1947 году, после передачи Бессарабии Советскому Союзу. Когда СССР распался, остров стал предметом территориальных споров между Украиной и Румынией. Летом 2001 года плавучая буровая установка «Черноморнефтегаза» обнаружила в 40 км к югу от острова залежи углеводородов — около 10 млн. тонн нефти и 10 млрд. кубометров газа. До 2002 года остров оставался закрытой территорией, где размещались только военные. В настоящее время на о. Змеиный живут несколько десятков человек: ученые, пограничники и персонал маяка [1].

Международный суд ООН в феврале 2009 г. принял решение, что остров Змеиный в Килийском районе Одесской области не может считаться частью прибрежной полосы Украины при определении срединной линии для делимитации континентального шельфа

и исключительной экономической зоны. Как заявила президент Гаагского суда Розалин Хиггинс, зачитывая решение: «Учет острова Змеиный означал бы юридический пересмотр географии». Решение суда не касается вопроса территориальной принадлежности самого острова Змеиный. Украинская сторона выразила удовлетворение решением суда. Важным является решение суда, в соответствии с которым Змеиный был признан островом с территориальным морем в 12 морских миль [2].

Далее мы рассмотрим лишь небольшую часть интернет-сообщений относительно хозяйственной деятельности на о. Змеиный за последний год. Вот в такой хронологии.

16.11.2008, 07:42 [3]

Кабинет министров одобрил проект закона «О специальной (свободной) экономической зоне «Ахиллия» на острове Змеиный в Килийском районе Одесской области.

По предварительным расчетам, создание на острове СЭЗ позволит создать около 70 новых рабочих мест, привлечь почти 4 млн. инвестиций в течение первых десяти лет. Приблизительно 17 млн. грн. поступит в центральный и местный бюджеты.

СЭЗ создается для сохранения и эффективного использования природных ресурсов, охраны, исследования и сохранения объектов культурного наследия.

23.11.2008, 07:59 [4]

Полное обустройство острова Змеиный может обойтись Украине в сумму, превышающую миллиард гривен. Об этом «Репортеру» сообщил директор коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд. «Сумма огромная, но объяснимая. Речь идет о наиболее дорогостоящих работах — берегоукрепительных и возведению причалов». Прошедшим летом на Змеином находилось около ста рабочих, которые завершили возведение стометрового мола шириной в девять метров, для защиты от размыва южной стороны острова. «Постоянно находится на Змеином до 30 человек, это пограничники, научные сотрудники, портовые работники. В целом, на Змеином, без ущерба для экологии, может находиться до 150 человек».

23.11.2008, 11:38 [5]

На острове Змеиный переизбыток питьевой и технической воды. Об этом «Репортеру» сообщил директор коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд.

«Три действующие артезианские скважины сегодня вполне способны обеспечить остров Змеиный водой. Они могут давать до трех

кубометров воды в час. Нам сегодня столько и не надо, поэтому задействованы не все скважины». В артезианской воде присутствует большое количество солей, поэтому на острове работает специальная система очистки. Она способна вырабатывать два кубометра питьевой воды ежедневно.

В будущем, при увеличении количества человек, проживающих на Змеином, на острове намерены регулярно завозить питьевую воду с материка. «Проект развития Змеиного предусматривает пополнение запасов привозной водой. На острове имеются колодцы, вырубленные в скальных породах, возможно, еще в античные времена. В них может поместиться около 280 тонн воды. В летний период мы храним в них привозную воду, которая не портится годами».

01.12.2008, 16:59 [6]

Ветро-дизельная электростанция полностью обеспечит энергией остров Змеиный в Килийском районе Одесской области. Об этом сообщил директор областного коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд. «В этом году планируется закончить первую очередь строительства электростанции. Завершено возведение капитальных строений, а также завезли часть дизелей. В следующем году будут установлены ветряные агрегаты». Строительство ведется полностью за счет государственного бюджета, заказчиком выступает Министерство топлива и энергетики Украины, а работы выполняет днепропетровская фирма «Атомстроймеханизация».

«В скором времени о печном отоплении на острове можно будет забыть. Все помещения будут обогреваться электричеством, при этом часть энергии мы получим, как принято сейчас говорить, из альтернативных или экологических чистых источников — за счет ветра, которого на Змеином более чем достаточно». По подсчетам предприятия, сейчас для жизнедеятельности острова в летний период необходимо около 100 кВт электроэнергии в час, в зимний — до 200 кВт/час. Мощность новой электростанции составит около 1,7 МВт/час. «Перспективы для развития Змеиного обеспечены электроэнергией на много лет вперед».

05.02.2009, 14:37 [7]

Потенциальный инвестор строительства туристического комплекса на острове Змеиный в Килийском районе Одесской области положительно оценил решение Гаагского суда. Об этом «Репортеру» сообщил директор областного коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд.

«Нельзя быть подвешенным пять лет. Главное, у Змеинового появился статус. Ни один инвестор не будет иметь дела с объектом, дело по которому находится в суде». Председатель Одесской облгосадминистрации Николай Сердюк поддержал мнение о том, что после решения суда гораздо легче будет строить работу с инвесторами, заинтересованными в строительстве объектов на Змеином. По его словам, сейчас ведутся переговоры с одной из фирм, пожелавшей принять участие в создании туристической инфраструктуры на Змеином. Директор предприятия «Островное» сообщил, что уже существует проект коттеджного городка на острове, который проходит экспертную оценку. «Инвестор, разработавший его, после решения Гаагского суда только укрепился в решении вкладывать деньги в Змеиный», — подчеркнул Виктор Острогляд.

15.04.2009, 13:01 [8]

Одесский областной совет выделил коммунальному предприятию «Островное» дополнительно 3 млн. грн. на освоение острова Змеиный. Об этом «Репортеру» сообщил директор областного коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд. «В связи с кризисом задачи предприятия постоянно меняются. На данном этапе этих средств нам хватает». Из бюджета Одесской области в начале текущего года было выделено 777 тыс. грн. на освоение острова Змеиный. Этих средств хватит только на полгода.

Уже готов и согласован эскизный проект коттеджного городка на острове. «Пока еще рано говорить, когда будет готов проект, и будет ли он принят. Может, он никому и не нужен будет», — отметил директор.

18.05.2009, 14:13 [9]

Председатель Верховной рады Владимир Литвин предложил перенести игорный бизнес «в контролируемые точки» — на остров Змеиный в Одесской области и косу Тузла в Крыму. Об этом он сообщил в интервью телеканалу «Рада». По его словам, «те, у кого деньги жмут в карманах», должны приезжать в специально отведенные для игорных заведений места.

01.07.2009, 12:02 [10]

Строительство мола на острове Змеиный затянулось из-за отсутствия финансирования, заявил начальник Главного управления капитального строительства Одесской облгосадминистрации Вячеслав Маркин. Ограждающий мол на острове Змеиный должен был быть построен в 2008 году. Мол построен на 105 метров, однако

нуждается в расширении, и на завершение строительства необходимы «достаточно серьезные средства», которые на данное время отсутствуют как в областном, так и в городском бюджетах. В настоящее время проводятся специальные работы, препятствующие разрушению уже построенной части мола, но вперед строительство практически не движется из-за отсутствия финансирования. По результатам последней ревизии, проведенной областным КРУ, подрядчик уже «переработал» на 3 млн. грн., то есть выполнил работ на сумму большую, чем была ему уплачена.

15.07.2009, 15:52 [11]

Основным видом деятельности для острова Змеиный станет туризм, заявил начальник управления капитального строительства Вячеслав Маркин. Остров Змеиный будет развиваться в туристическом направлении, а те проекты, которые предполагалось там осуществить, вряд ли будут воплощены в жизнь. «Та часть акватории острова, которая отдана нам, не соответствует тем намерениям, которые были по добыче нефти и газа». Пляж на острове уже постепенно намывается, благодаря построенному там молу. «Поэтому теперь основной вид деятельности на острове — это туризм, экскурсии». Главное завершить те работы, которые были начаты, иначе все, что было сделано, разрушится. В данное время на острове работают электрики, так как для защиты окружающей среды и экологии на острове необходимо установить электрогенераторы.

01.12.2009, 19:18 [12]

Одесская областная государственная администрация разработала предложения к программе развития острова Змеиный до 2017 года. Об этом «Репортеру» сообщила первый заместитель начальника управления экономики Одесской облгосадминистрации Тамара Подвысоцкая. В данное время действует программа развития острова, которая была принята в 2002 году до 2011 года. «Новые предложения включали в себя защиту территории, формирование и развитие инфраструктуры, строительство музея, отельно-развлекательного комплекса, дорог, благоустройство острова и развитие науки».

На прошедшей межведомственной комиссии в Киеве при Министерстве экономики данные предложения не были приняты. Наиболее важным для жизнедеятельности острова является развитие инфраструктуры, а именно: строительство водопровода, канализации и обеспечение нормального сообщения с островом. «В этом году за счет средств государственного Фонда экологии планировалось сделать канализацию и водопровод. К сожалению, пока эти вопросы не решены».

Заместитель начальника управления капитального строительства Одесской обладминистрации Илларион Ярошевич сообщил «Репортеру», что общая стоимость реализации предложений к программе развития острова Змеиный составляла около 1 млрд. 300 млн. грн.

02.12.2009 [13]

Уже подготовлена проектно-сметная документация строительства предприятия, которое будет утилизировать твердые бытовые отходы. Доставлять мусор на остров будем с помощью судна «Касатка», которое может перевозить до 120 тонн грузов. — рассказывает директор коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд, — В настоящее время проблема состоит только в финансировании строительства завода. КП рассчитывает получить средства на строительство из областного или государственного экологического фонда. Завод будет работать на мазуте, который есть на острове. Мы планируем убить двух зайцев: избавляться от мазута и сжигать мусор. Строительство завода позволит также обеспечить подогрев воды для населения острова.

В свою очередь заместитель начальника управления капитального строительства Одесской обладминистрации Илларион Ярошевич сообщил, что завод на Змеином обеспечат современным оборудованием по утилизации твердых бытовых отходов.

Напомним, что в 2008 году Одесский горсовет создал рабочую группу по подготовке предложений относительно строительства в Одессе мусоросжигательного завода. Однако инвестор, планировавший вложить средства в его строительство, отказался от своих намерений из-за кризиса.

Мусоросжигательные заводы являются источниками диоксинов — кумулятивных ядов и относятся к группе опасных ксенобиотиков, — в свою очередь отмечает эколог Тамара Мясницкая. — Это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они плохо расщепляются и поэтому накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, в том числе в воздухе, воде, пище. Величина летальной дозы этих веществ достигает 10,6 г на 1 кг живого веса, что существенно меньше аналогичной величины для некоторых боевых отравляющих веществ, — например, для зомана, зарина и табуна (порядка 10-3 г/кг).

04.12.2009 [14]

Директор коммунального предприятия «Островное» Виктор Острогляд сообщил на этой неделе, что на острове Змеиный в ближай-

шее время планируют начать строительство мусоросжигающего завода, который будет работать на мазуте. Сообщается, что уже подготовлена проектно-сметная документация строительства этого завода. Доставлять мусор на остров рассчитывают с помощью судна «Касатка», которое может перевозить до 120 тонн грузов. Средства на финансирование этого проекта коммунальное предприятие планирует «выбить» из областного или государственного экологического фонда.

С другой стороны, Одесская облгосадминистрация разработала предложения к программе развития острова Змеиный до 2017 года, среди которых, кроме мусоросжигающего завода, есть и предложения по развитию инфраструктуры, планы строительства археологического музея и гостинично-развлекательного комплекса.

Наши комментарии по поводу представленных сообщений мы разделим на три условные части, в последовательности, которая, по нашему мнению, отражает нашу обеспокоенность будущим состоянием экологической безопасности о. Змеиный.

Итак, ...

Первый вопрос об экологической безопасности острова Змеиный

О планах строительства мусоросжигающего завода на Змеином СМИ в начале декабря 2009 г. поведали не раз. Причем, ссылок в интернете уже около 30. Отметились, по крайней мере, три газеты: «Вечерняя Одесса», «Комсомольская правда в Украине» и «Время Ч» [13; 14].

Интересная деталь: сам г-н Острогляд категорически отрицает факт дачи интервью по данному поводу. На заседании экологической комиссии Одесского облсовета 9 декабря с.г. он заявил, что речь шла только об установке по сжиганию мусора на острове мощностью 50 кг мусора/час (не о заводе!). Но с другой стороны, если есть Программа развития острова Змеиный до 2017 г., в которой содержится предложение о постройке мусоросжигающего завода, то отрицание г-на Острогляда своего участия по сути ничего не решает, кроме как отвести подозрения от упомянутой Программы и одиозно-скандального предложения. Если взять за оценку, что каждый человек в среднем за год производит 500 кг мусора, то при средней численности живущих на острове — 10 человек - получаем 5 т мусора. Нужен ли для такого количества мусора мусоросжигающий завод?

Неужели кто-то серьезно думает о возможности перевозки бытового мусора морем из Одессы или других населенных пунктов области для утилизации на о. Змеиный?

Кстати, кто подписал, и кто сделал уже экологическую экспертизу на строительство этого завода? Об этом в газетных сообщениях эта тема не затрагивается. Правда, автор заметки в «Комсомольской правде» ссылается на авторитетное мнение эколога о загрязняющих канцерогенных веществах, попадающих в атмосферу при сжигании бытового мусора.

Неужели авторы программы развития о. Змеиный до 2017 г. совершенно не учитывают экологические последствия такого деяния на экологическое состояние природной среды в этом районе? Насколько нам известно, в настоящее время остров Змеиный является международным центром фонового мониторинга качества окружающей среды, достаточно удаленным от основных источников антропогенного загрязнения окружающей среды. Даже если предположить, что мы несколько занизили оценку создаваемого мусора за год одним островитянином и ее надо увеличить раза в два, все равно остается вопрос, а стоит ли строить завод и можно ли обойтись обычной установкой для сжигания мусора? А может вообще стоит подумать о другом способе утилизации мусора как такового и по его видам? Кстати, подобные разработки велись на кафедрах Одесского государственного экологического университета.

Второй вопрос об экологической безопасности острова Змеиный

В настоящее время на о. Змеином ведутся бетонные работы по созданию фундамента к ветроэнергетической установке (ВЭУ) мощностью 1,7 МВт. Это строительство вызывает много вопросов. Предполагаемая вырабатываемая мощность на порядок, как минимум, будет превышать потребляемую. Спрашивается, куда будут девать «остатки»? Ввести в эксплуатацию эту ВЭУ планируют уже весной 2010 г. Кстати, как раз в период миграции множества птиц. О. Змеиный является одним из мест, помимо дельты Дуная, где перелетные птицы могут «припарковываться». E-mail птицы пока не научились принимать со срочными предупреждениями от орнитологов о грозящей им опасности, чтобы изменить свой курс.

Ряд ученых, правда, полагают, что поскольку один оборот ротор такой мощной ВЭУ совершает за 4,5-7,0 сек., то для птиц лопасти стали достаточно медленно движущимся объектом и не представляют большой опасности. Следует, однако, заметить, что эти оценки хороши для отдельно пролетающих птиц, а не на пути сезонной миграции десятков тысяч одновременно находящихся в полете птиц в слое до 100 м! И ищущих отдыха на острове после изнурительного перелета над Черном морем.

По европейским стандартам жилые помещения вблизи ВЭУ мощностью от 1 МВт должны располагаться на расстоянии не менее 300 м, при уровне шума от них не более 40 дБ. Насколько нам известно, размеры острова Змеиный таковы, что эти европейские стандарты будут грубо нарушены. Поэтому можно с уверенностью предположить, что и от меньшего уровня шума, живущим на острове будет несладко, особенно ночью. Нельзя забывать, что эстетический вид ветряков такой мощности на островитян будет оказывать постоянное гнетущее психологическое давление. Насколько мы знаем, материальной компенсации здоровью существующие должностные оклады работающих на острове никак не создадут.

Интересно было бы познакомиться с результатами экологической экспертизы по разработке и установке мощной ВЭУ на о. Змеиный. Кто ее одобрил и подписал? Насколько экономически оправдано такое строительство? Тем более, что из неофициальных источников нам стало известно, что стоимость данной ВЭУ составляет 20 млн. грн. Для сравнения: стоимость такого же класса установки на Западе обходится приблизительно в 1 млн. долл. США.

Третий вопрос об экологической безопасности острова Змеиный

К сожалению, благие пожелания нас часто приводят в ад. Наши государственные мужи под разными пропагандистскими предложениями стараются сформировать строки госбюджета под себя любимых и ОПГ. Что происходит с выделенными финансовыми средствами, как эффективно они осваиваются? Совсем не риторический вопрос.

Змеиный по неофициальным данным стал желанным местом для отмывания госбюджетных средств. В настоящее время остров постепенно переходит под контроль обл. администрации, а не администрации Килийского района. У областных чиновников возможностей и appetitов больше. А если приглядеться в «Змеиную» скважину, что можно увидеть?

Например, на острове уже сейчас существует несколько электростанций, принадлежащих разным ведомствам. Каждое из которых доказывает, что оно спасает остров от энергетического коллапса. Помимо генераторов, находящихся в ведении маячной и пограничной служб, а также солнечных установок, действительно помогающих производить экологически чистую энергию, этим летом на острове были развернуты работы по строительству дополнительных мощностей, не отвечающих экологическим требованиям и энергетическим потребностям островитян.

Кто дал положительную экологическую экспертизу на это строительство? Вопрос без ответа. Как пояснили островитяне — идет простое отмывание денег. В этой ситуации совершенно лишним представляется сооружение мощной ВЭУ. Да еще с нарушениями требований экологической безопасности.

Сравнение эффективности работы маяков на Змеином и у Сулинского канала показало, что они не сравнимы. Сулинский маяк имеет мощность более 20 кВт и высокую яркость на расстоянии более 36 км. А маяк на Змеином использует лампы всего 500 Вт. Хотя имеется возможность использовать лампы и на 12 кВт. В результате маяк еле видят ночью на острове, что никак не обеспечивает безопасность мореплавания вокруг него. Экономия объясняется ЦУ береговых (киевских) чиновников из Госгидрографии. Но плохое маячное обеспечение плавания в окружающих водах может когда-нибудь обернуться бедой, в том числе экологической.

В период подготовки исторического визита Президента Украины В. Ющенко на о. Змеиный хозслужбы позаботились о малой и большой нужде начальства. Поэтому срочно были доставлены биотуалеты и по отлете высоких гостей были оставлены в подарок островитянам. Но в силу технологических особенностей этих биотуалетов они пришли в негодность очень скоро и в настоящее время один из них стоит «на приколе» у стен археологического павильона, вызывая чувство законной гордости островитян, с одной стороны, а с другой — досады, что он не справляется с их нуждой.

Продолжая тему канализации острова (не путать с колонизацией), следует вспомнить, что «театр начинается с вешалки», а цивилизованное человечество, и Европа в частности, — с туалета. На последнее обстоятельство обращали наше внимание, критикуя власти и быт Советского Союза, еще известные путешественники Зигмунд и Ганзелка. На острове Змеином в каждом доме имеется аппаратура (читай сантехника) для душа и туалета. Но последняя не работает по причине отсутствия канализации. Соответствующую станцию биологической очистки планировалось разместить в построенном уже здании рядом с причалом, но ни на его технологическую оснастку, ни на трубы от каждого дома к данной станции, средств не хватило. Когда будут? Никто не знает. Народ пользуется разваливающимся туалетом типа «сортир» и еще чем-то, что держится в строжайшей тайне.

Для облегчения и обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных работ на острове в предыдущие годы были проведены гидротехнические работы на сумму свыше 100 млн. грн. В северо-вос-

точной части острова, в районе дамского пляжа, была возведена причальная стенка, но на ее обустройство и завершение строительства защитного от волн мола средств не хватило. Так и стоит этот «памятник неизвестного устроителя», уродуя неповторимый ландшафт памятника природы. Будь это гидротехническое сооружение доведено до ума, возможно, не мозолило бы оно глаза своим безобразным видом и укором нам.

По официальной версии на остров доставляется питьевая вода в бункере судна «Касатка». Затем она перекачивается в колодцы и используется для нужд островитян. На вкус она явно затхлая. Что не удивительно, поскольку это, по сути, просто отстоянная дунайская вода, да еще привезенная не в специальном танкере. Привыкнуть пить чай или кофе с этой водой можно, по словам очевидцев, за несколько дней. Но воспоминания остаются самые неприятные. Заметим, что на острове воссоздана прекрасная ротонда в древнегреческом стиле над колодцем, функционировавшим еще во времена румынской администрации. Правда, сейчас вода там непригодная для питья. Опять-таки, по словам островитян, деньги на очистные сооружения и насосные станции прокачки воды из глубинных горизонтов куда-то испарились и «вони мають, що мають».

Перечисление экологических бед, реальных или возможных, кажется достаточным. Выводы тоже вполне очевидны. Под нужные проекты государством (читай — хитрыми чиновниками) выделяются немалые средства. Но вот до острова и островитян они всегда доходят не в заявленном виде: кто-то «смывает» что-то себе и притом немалую часть. И, с другой стороны, то, что делается — не всегда на пользу экологической чистоте уникального объекта природы.

Областные власти, сознавая, что народ видит творящиеся безобразия чиновников и их воровские деяния, решили напомнить народу, что «всякая власть от Бога» и, стремясь успокоить смятенные души островитян из-за существующих и надвигающихся экологических бед, а может и, боясь возможного народного гнева, решили ошастливить островитян еще одним благим пожеланием, которое красочно разрисовано на плакате, повествующем, что правящая в облсовете Партия Регионов построит на острове Храм...

Литература

1. <http://www.reporter.com.ua/news/36662/>
2. <http://www.reporter.com.ua/news/37219/>
3. <http://www.reporter.com.ua/news/35693/>
4. <http://www.reporter.com.ua/news/35828/>

5. <http://www.reporter.com.ua/news/35830/>
6. <http://www.reporter.com.ua/news/35980/>
7. <http://www.reporter.com.ua/news/37219/>
8. <http://www.reporter.com.ua/news/38456/>
9. <http://www.reporter.com.ua/news/39000/>
10. <http://www.reporter.com.ua/news/39824/>
11. <http://www.reporter.com.ua/news/40059/>
12. <http://www.reporter.com.ua/news/42614/>
13. Комсомольская правда в Украине. — 2009. — 2 декабря.
14. Время Ч. — 2009. — 4 декабря.

С. П. Нагаєва
О. В. Миронюк

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ САВРАНСЬКОГО РАЙОНУ

Однією з найважливіших проблем, що стоять перед людством у галузі охорони НПС, є охорона певних еталонів природних ландшафтів, а також рідкісних, зникаючих видів рослин і тварин, збереження найцікавіших геологічних об'єктів та інших пам'яток природи [1].

За своїм географічним положенням територія Савранського району перебуває у сфері впливу насичених вологою повітряних мас, що йдуть з Атлантичного океану і периферичної частини сибірського (азіатського) антициклону, для якого типовими є сухі, холодні континентальні повітряні маси. На клімат регіону мають вплив також повітряні маси з Арктики і Середземномор'я [2].

Регіон, як і вся Україна, розташований в помірному поясі. В літню пору на території переважають вологі вітри західного і північно-західного румбів. У ґрунтово-кліматичному відношенні територія відносяться до рівнинної території степової та південної частини Правобережних Лісостепових зон. Пануючими ґрунтоутворюючими породами на більшій частині території є: леси й лесовані породи, плащевидно покриваючі межирічні плато, їхні схили, а також древні тераси рік. Потужність лесових порід становить 15-25 м. Підстеляються вони червоно-бурими глинами

Найпоширенішими видами дерев на півночі Одеської області є дуб, липа, клен, ясен, акація, вишня, черешня, верба, сосна. Значне місце у флорі області належить водній рослинності. Вона представлена невикоріненими вільноплаваючими, викоріненими зануреними, викоріненими з плаваючими листками та повітряно-водними формами.

Територія має велику кількість рослин, в тому числі рідкісні, які занесені до Червоної книги України. Із «червонокнижних» видів тут охороняються, зокрема, сальвінія плаваюча, водяний горіх плаваючий, плавун щитолістий, меч-трава болотна, альдрованда пухирчаста, зозулинець болотний, коручка болотна і чемерицеподібна, білоцвіт літній, гвоздика бессарабська, ковила дніпровська, золотобородник цикадовий та ін.

Ліси — важливе й найбільш ефективний засіб підтримки природного стану біосфери й незамінний фактор культурного й соціального значення. Завдяки їх водоохоронним, гідрологічним, ґрунтозахисним і іншим корисним функціям ґрунт оберігається від водної й вітрової ерозії, а ріки — від висихання й замулення.

Фауна півночі Саранського району надзвичайно різноманітна. Серед лісової фауни найчисельнішими є зайці-русаки, а степової — хом'як, ховрашок, тушканчик. Водяться також лосі, косулі, дикі кабани і кози, лисиці, борсуки, куниці, видри, єнотоподібні собаки та багато видів лісових птахів. На незамерзаючих ділянках Південного Бугу зимують лебеді, дикі гуси та качки, озерна качка. Найчисельнішою та найважливішою як в природоохоронному, так і екологічному плані групою хребетних тварин регіону є птахи, серед них зустрічаються рідкісні види, як то: великий та малий баклан, ковпик (косарь), сіра, руда, мала та велика білі чаплі, квак, криччи річковий та рябодзьобий, пелікан рожевий та кучерявий, орлан-білохвіст та інші.

По території досліджуваного району протікає одна з найбільших річок України — Південний Буг. Басейн Південного Бугу характеризується яскраво вираженим весняним повіддям і низькою меженню, у різному ступені порушуваний літніми й зимовими паводками внаслідок випадання дощів улітку і танення снігу навесні.

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) Саранського району — це цілі ділянки суші і водного простору, природні комплекси яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність. Вони беруться під охорону державою з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду рослинного і тваринного світу, підтримання загального екологічного балансу [3]. На території Савранського району Одеської області розташовані 6 заповідних територій, характеристика яких представлена в табл. 1.

Найбільшим за значенням та площею заповідним об'єктом є ландшафтний заказник ЗДЗ Савранський ліс, на території якого

знаходиться гідрологічна пам'ятка природи МЗ Джерело «Гайдамацький колодязь», що є самостійним об'єктом ПЗФ.

Таблиця 1.

Характеристика ПЗФ Савранського району

Заповідний об'єкт	Категорія	Площа, га	Адміністративне розташування	Дата створення
Савранський ліс	Ландшафтний заказник ЗДЗ	8397,00	Між смт Саврань та селами Гетьманівка, Полянецьке, Слюсарєво	28 жовтня 1974 р.
Сосновий ліс	Лісовий заказник МЗ	8,40	Село Вільшанка	2 жовтня 1984 р.
Джерело «Кішево»	Гідрологічна пам'ятка природи МЗ	0,01	Село Кам'яне	18 травня 1972 р.
Джерело «Гайдамацький колодязь»	Гідрологічна пам'ятка природи МЗ	0,20	Між смт Саврань та селом Гетьманівка	18 травня 1972 р.
Гетьманівський дендропарк	Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва МЗ	2,40	Село Гетьманівка	18 травня 1972 р.
Джерело «Огруд»	Гідрологічна пам'ятка природи МЗ	0,01	Село Дубинове	18 травня 1972 р.

Рекреаційна місткість території один з найважливіших показників при плануванні рекреаційно-туристського господарства, в тому числі і в процесі формування спеціальних (вільних) економічних зон туристсько-рекреаційного типу. Вона впливає на якісний стан рекреаційних ресурсів, навколишнє середовище, психологічний комфорт рекреантів. Місткість рекреаційного центру залежить від величини центру, природних умов, цінності рекреаційних ресурсів і визначається за формулою:

$$M_i = Kny_i \cdot Kp_i \cdot H_i \cdot K_R \quad , \quad (1)$$

де M_i — рекреаційна місткість i -го центру, тис. осіб; Kny_i — коефіцієнт природних умов i -го рекреаційного центру; Kp_i — коефіцієнт цінності рекреаційних ресурсів i -го центру; H_i — кількість жителів населеного пункту, де розміщений i -й рекреаційний центр, тис. осіб; K_R — коефіцієнт комфортності.

Для розрахунку місткості рекреаційних центрів Савранського району були використані наступні величини: коефіцієнт природних умов для низовин; коефіцієнт цінності рекреаційних ресурсів для інших територій; кількість жителів населених пунктів, де розміщені рекреаційні центри; коефіцієнт комфортності від 0,15 до 0,18. Результати проведених розрахунків представлені в табл. 2.

Таблиця 2.

Місткість рекреаційних центрів Савранського району

Рекреаційний центр	Населення, тис. осіб	Коефіцієнт комфортності	Рекреаційна місткість центру, тис. осіб	Середня рекреаційна місткість центру, тис. осіб
Савранський ліс	6,84	0,15	1,50	1,650
		0,16	1,60	
		0,17	1,70	
		0,18	1,80	
Сосновий ліс	0,99	0,15	0,20	0,250
		0,16	0,20	
		0,17	0,30	
		0,18	0,30	
Джерело «Кішево»	1,43	0,15	0,30	0,350
		0,16	0,30	
		0,17	0,40	
		0,18	0,40	
Джерело «Гайдамацький колодязь»	6,84	0,15	1,50	1,650
		0,16	1,60	
		0,17	1,70	
		0,18	1,80	
Гетьманівський дендропарк	0,41	0,15	0,09	0,098
		0,16	0,10	
		0,17	0,10	
		0,18	0,10	
Джерело «Огруд»	1,22	0,15	0,30	0,300
		0,16	0,30	
		0,17	0,30	
		0,18	0,30	

З табл. 2 видно що найбільшу рекреаційну місткість мають центри Савранський ліс та Джерело «Гайдамацький колодязь», що обумовлено найбільшою кількістю жителів населених пунктів, де розташовані дані центри. Найменшу рекреаційну місткість має центр Гетьманівський дендропарк, який має число жителів 0,41 тис. осіб. Крім того, значення рекреаційної місткості центрів прямо пропорційно залежить від коефіцієнту комфортності.

Рекреаційна місткість визначається для кожного сезону окремо за формулою:

$$V_i = \frac{N_i \cdot S_i \cdot C}{D_i}, \quad (2)$$

де V_i — рекреаційна місткість i -ї території, осіб; N_i — норма рекреаційного навантаження на i -ту територію, осіб/км²; S_i — площа i -ї рекреаційної території, км²; C — тривалість рекреаційного періоду, днів; D_i — середня тривалість перебування туристів і відпочиваючих на i -й території, днів.

Для розрахунків рекреаційної місткості ЗТ Савранського району були використані наступні величини: нормативи рекреаційного навантаження для річкових природних комплексів, площі рекреаційних територій, тривалість рекреаційного періоду (30 днів), а також тривалість перебування туристів і відпочиваючих на даній території (1-7 днів). Нижче наведено величини рекреаційної ємності при терміну перебування відвідувачів 7 діб (табл. 3).

Таблиця 3.

Рекреаційна місткість заповідних об'єктів Савранського району

Заповідна територія	Площа, км ²	Рекреаційна місткість території, осіб					
		літо			зима		
		min	max	сер.	min	max	сер.
Савранський ліс	83,9700	17993,60	28789,70	23391,60	5757,900	8636,90	7197,400
Сосновий ліс	0,0800	17,10	27,40	22,30	5,500	8,20	6,900
Джерело «Кішево»	0,0001	0,02	0,02	0,03	0,007	0,01	0,009
Джерело «Гайдамацький колодязь»	0,0020	0,40	0,70	0,60	0,100	0,20	0,200
Гетьманівський дендропарк	0,0200	4,30	6,90	5,60	1,400	2,10	1,700
Джерело «Огруд»	0,0001	0,02	0,02	0,03	0,007	0,01	0,009

З табл. 3 видно, що найбільшу рекреаційну місткість має Савранський ліс, що обумовлено найбільшою площею ЗТ. Найменшу рекреаційну місткість мають об'єкти Джерело «Кішево» та Джерело «Огруд», так як мають площу території лише 0,0001 км². Також значення рекреаційної місткості території коливається протягом року, в літні місяці вони найбільші і зменшуються в напрямку зимових місяців. Крім того, значення рекреаційної місткості території обернено пропорційні тривалості перебування відвідувачів на даній території [4].

Література

1. Заповідники ССРСР: Заповідники України и Молдавии / Отв. ред. В. Е. Соколов, Е. Е. Сыроечковский. — М.: Мысль, 1987. — 271 с.: ил., карт.

2. Голубев П. І. Матеріали по геології і гідрології Побужжя. — К.: Від-во Укр. відділення Геологічної Спільки СРСР, 1929.
3. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. — К.: Вінол, 2000. — 376 с.
4. Марушевський Г. Б., Мельничук В. П., Костюшин В. А. Збереження біорізноманіття і створення екомережі: Інф. довідник. — К.: Wetlands International Black Sea Programme, 2008. — 168 с.

УДК 504.064.4

*Х. В. Кузьміна,
О. О. Бірон-Бевз*

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Вступ. Проблема поводження з медичними відходами (МВ) надзвичайно актуальна. Вони розглядаються і оцінюються як чинник не тільки прямого, але і опосередкованого ризику виникнення інфекційних і неінфекційних захворювань серед населення через можливе забруднення практично всіх компонентів навколишнього природного середовища. Система збору, видалення, переробки і знешкодження МВ в Україні в даний час далека від досконалості. Запропонована класифікація МВ, що ґрунтується на даних про види відходів, які утворюються ЛМУ Одеської області. Дана оцінка кількості МВ і одночасного інвентарю, необхідного до реалізації екологічно безпечної схеми переадресування небезпечних компонентів МВ в Одеській області (приблизно 8 тис. на добу і 3 млн. одночасних пакетів і спеціальних контейнерів) [1-3]. Завданням даного дослідження була оптимізація способу знешкодження та ефективного зменшення об'ємів МВ, що утворюються на території Одеської області.

Матеріали і методи досліджень. При забезпеченні умов повного знешкодження відходів лікувально-профілактичних установ (ЛПУ) вибір оптимальної технології і устаткування здійснюється за критерієм економічної ефективності. Тому для визначення доцільності вживання даної технології розраховується показник еколого-економічної ефективності реалізації даного природоохоронного заходу. Розрахунок враховує розмір збитку, що наноситься земельним ресурсам унаслідок розміщення медичних.

Розрахунок еколого-економічної ефективності методу знезараження медичних відходів здійснюється за наступною формулою [4]:

$$e = \frac{(\Delta PЗ - PB)\alpha_t}{K}, \quad (1)$$

де e — еколого-економічна ефективність фінансування методу, грн./грн.; $\Delta PЗ$ — річний економічний збиток, попереджений завдяки знешкодженню відходів, грн.; $PВ$ — річні експлуатаційні витрати на здійснення знешкодження МВ; α_t — норма дисконтування; K — капітальні витрати (вартість установки), грн. [4].

$$\Delta PЗ = PЗ_d - PЗ_{II}, \quad (2)$$

де $PЗ_d$ — річний економічний збиток, що спричиняється земельній ділянці при розміщенні медичних відходів без переробки, грн.; $PЗ_{II}$ — річний економічний збиток, що спричиняється земельній ділянці при розміщенні кінцевого продукту після застосування способу поводження з медвідходами, грн.

Розрахунок збитку здійснюється за методикою визначення розмірів збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів і порушенням природоохоронного законодавства [5], оскільки кінцевий продукт кожного способу поводження з МВ передбачає його розміщення в доквіллі, що пов'язане з негативним впливом на земну поверхню і ґрунт, особливо в межах цінного орного шару. Нормативною базою для розрахунку збитку є грошова оцінка земель усіх категорій.

$$PЗ_d = A \cdot \Gamma_d \cdot K_3 \cdot K_H \cdot Шегз \cdot 100 \quad (3)$$

$$PЗ_{II} = A \cdot \Gamma_d \cdot K_3 \cdot K_H \cdot Шегз \cdot 10 \quad (4)$$

де A — питома витрата на ліквідацію збитку, обумовленого забрудненням земельного ресурсу (дорівнює 0,5); Γ_d — грошова оцінка земельної ділянки до забруднення, грн.; K_3 — коефіцієнт, що характеризує вміст забруднюючих речовин в ґрунті залежно від глибини просочування ($K_3 < 1$ не враховується); K_H — коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин; $Шегз$ — показник шкали господарського значення земельної ділянки. При визначенні збитку від звалищ побутових, промислових та інших відходів вводиться коефіцієнт 10, а від звалищ токсичних відходів — 100.

$$\Gamma_d = \sum (П_{agr} \cdot \Gamma_{agr}), \quad (5)$$

де $П_{agr}$ — площа агровиробничої групи ґрунтів, м²; Γ_{agr} — грошова оцінка 1 м² ґрунтів агровиробничої групи, грн./м².

$$\Gamma_{аср} = \frac{\Gamma_y B_{аср}}{B_y}, \quad (6)$$

де B_y — бал бонітету 1 га земельних угідь; $B_{аср}$ — бал бонітету агровиробничої групи ґрунтів земельної ділянки; Γ_y — грошова оцінка 1 м² земельних угідь, грн./м².

$$K_3 = \frac{O_{зв}}{T_3 \cdot \Pi_{\delta} \cdot In}, \quad (7)$$

де $O_{зв}$ — об'єм забруднюючих речовин, м³; T_3 — товщина орного земельного шару, що дорівнює 0,2 м; Π_{δ} — площа забруднюваної земельної ділянки, м² ($\Pi_{арр}$); In — індекс поправки на глибину просочування.

$$PB = m_o \cdot \sum S_i \cdot q_i + 3\Pi, \quad (8)$$

де m_o — маса оброблюваних медвідходів, т/рік; S_i — вартість споживання i -го ресурсу, грн/одинаця ресурсоспоживання; q_i — витрата споживання i -го ресурсу на обробку 1 кг відходів, одинаця ресурсоспоживання/кг; 3Π — заробітна платня оператора інсинератору, грн/рік.

$$\alpha_t = \sum_1^t (1+T)^{-t}, \quad (9)$$

T — відсоткова ставка кредиту, %; t — період, на який розраховується норма дисконтування, роки.

Аналіз результатів досліджень. Для вирішення проблеми поводження з небезпечними МВ в Одеській області, в умовах скорочення площ, що відчужуються для розміщення полігонів, пропонується термічний метод видалення МВ класів А, Б, В, оскільки він може здійснюватися централізовано.

Для реалізації знешкодження відходів нами рекомендований інсинератор Ін-50.4, який застосовується ТОВ «Грін-порт» в Одесі. Установка Ін-50.4 призначена для термічного високотемпературного знешкодження медвідходів (спалювання). При цьому гарантується ІV клас безпеки зольного залишку і повне знищення органічної складової і вірусів. В інсинераторі забезпечується контрольоване спалювання відходів при температурі 850-900 °С у камері спалювання. У камері допалювання) здійснюється допалювання газів, що відходять. Скрубер забезпечує мокре очищення газів. Суха газоочистка здійснюється в циклоні. Випуск газів, що відходять, здійснюється в атмосферу через димову трубу. Спалювання прохо-

дять без викидів сажі. Робота інсинератора автоматизована, тобто експлуатація установки не представляє загрози для персоналу. Іншою перевагою установки є її універсальність — знешкоджує будь-які МВ класів А, Б, В, частково Г (окрім радіоактивних і тих, що містять ртуть) [6].

Для розрахунку ефективності знезараження МВ були використані наступні дані: технічні характеристики установки для спалювання відходів, про тарифи і норми споживання ресурсів, необхідних для забезпечення процесу знезараження. Результати розрахунку еколого-економічної ефективності приведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Результати розрахунку еколого-економічної ефективності реалізації методу знешкодження медичних відходів

РВ, грн./рік	Коефіцієнт K_3		G_d тис. грн.	PZ_d млн. грн.	PZ_n млн. грн.	α_t	е, грн./грн.
	до	після					
564768	1,02	0,07	126	12,852	0,63	0,87	4,43

Як бачимо із табл. 1, еколого-економічна ефективність реалізації термічного методу знешкодження медичних відходів дорівнює 4,43 гривням на кожен гривню капітальних вкладів (у даному випадку — вартості установки). На основі річної продуктивності інсинератора та річного обсягу накопичення МВ відходів по кожному району була встановлена кількість інсинераторів, необхідна для обслуговування Одеської області, яка дорівнює 14. Далі райони були об'єднані за потребою в потужності однієї установки, та за наявністю під'їзних доріг із твердим покриттям — розміщені інсинератори на території області. Овідіопольський район, який не потребує повної потужності інсинератора, виділений окремо від інших суміжних районів, що дозволить використовувати установку, підпорядковану цьому району, обласним центром при понаднормовому утворенні МВ, наприклад під час сезонних епідемій.

Основними особливостями розміщення інсинераторів є можливість експлуатації однієї установки районами в залежності від маси утворюючихся в них МВ, наявність існуючих об'єднуючих автомобільних доріг між цими районами. Оскільки інсинератор є джерелом викиду забруднюючих речовин в атмосферу, була врахована необхідність їх віддаленості від населених пунктів, водних об'єктів народногосподарського значення, узбережжя Чорного моря, а також — переважаючий північно-західний напрям переносу.

Висновки. В процесі високотемпературної обробки медичних відходів в інсинераторі Ін-50.4 досягається: 1) зниження їхнього об'єму на 90-95 %; 2) повне знешкодження патогенних мікроорганізмів; 3) ступінь згоряння — 98 %. Впровадження даної схеми розміщення установок високотемпературного знешкодження медичних відходів в Одеській області дозволить вирішити проблему епідеміологічної небезпеки, виключити повторне несанкціоноване використання окремих компонентів медичних відходів, зменшити їх об'єми, що потребують все більших площ.

Література

1. Бирон Е. А. Медицинские отходы: классификация и соответствующая ей система раздельного сбора // Мат. III Международн. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». — Харьков, 2006. — С. 53-55.
2. Бирон Е. А. Обоснование необходимости переадресации компонентов медицинских отходов в Одесской области // Метеорология, кліматологія та гідрологія. — 2008. — Вип. 50. — Ч. 1. — С. 260-264.
3. Кузьмина Х. В., Бірон О. О. Порівняльна характеристика кінцевого стану поводження з медичними відходами лікувально-профілактичних установ // Мат. II Міжародн. конф. студентів, магістратів і аспірантів «Регіональні екологічні проблеми». — Одеса: ОДЕКУ, 2009. — С. 171-172.
4. Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П. Экономические основы экологии. — С-Пб., 1995. — 365 с.
5. Шевчук В., Пилипчук М., Корненко Н. та ін. Довідник з питань економіки і фінансування природокористування та природоохоронної діяльності. — К.: Геопринт, 2000. — 411 с.
6. Боравский Б. В., Боравская Т. В., Десяткова К. С. Справочное руководство по обращению с отходами лечебно-профилактических учреждений / Под ред. Н. В. Русакова, В. Л. Гончаренко. — М.: Мир Прессы, 2006. — 432 с.

Резюме

В статье предлагается метод и схема размещения установок для утилизации потенциально инфицированных и инфицированных медицинских отходов в Одесской области.

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ

Вступ. Різні прикладні аспекти використання сонячної енергії. Проблему використання її у будівельній практиці розглядають у відношенні двох основних аспектів: оцінка теплового режиму будівель і режиму освітленості, що вона створює. Виходячи з цих оцінок і вимог, яким повинні відповідати будинки для комфортних умов праці і відпочинку людини в них, приймаються різні архітектурно-планувальні рішення (передбачається спорудження світлозахисних пристроїв, визначається орієнтація житлових кімнат, спалень, кухонь, розраховується потужність систем опалення і вентиляції та ін.). Це дозволить знизити енергоспоживання будинків і зробити внесок в економію паливно-енергетичних ресурсів.

Мета дослідження. В даному розділі наведено результати розрахунку кількісних характеристик радіаційного режиму в місті Одесі, які використовуються для будівельної мети. Насамперед, це визначення часу опромінювання стін будівель різної орієнтації прямою сонячною радіацією, встановлення кількості радіації, яку вони отримують, і оцінка теплового ефекту, який створює пряма і сумарна радіація в теплового режиму будівель.

Результати дослідження. Безпосередньо вимір характеристик радіаційного режиму на вертикальні поверхні, тобто на стіни будівель, в даний час не проводяться. У ГГО під керівництвом Пивоваровою З. І. [6; 8] була розроблена методика визначення цих показників на вертикальні і нахилені поверхні, на основі якої можна оцінити багаторічний радіаційний режим вертикальних і нахилених поверхонь різної орієнтації. В даному розділі розглядаються радіаційні умови тільки стін будівель, тобто вертикальних поверхонь.

Згідно даного методу, сумарна радіація Q_B , що надходить на незатінену вертикальну поверхню (стіну) в одиницю часу, складається з прямої радіації S_B на вертикальну поверхню, а також розсіяної D і відбитої R , яку враховують як половину від тої, що виміряна на станції (в припущенні ізотропності розподілу цих видів радіації):

$$Q_B = S_B + \frac{D}{2} + \frac{R}{2} \quad (1)$$

Для розрахунку прямої сонячної радіації S_B , що надходить на вертикальну поверхню, Пивоварова З. І. запропонувала кілька методів: прямий, непрямий і спрощений. Перший з них потребує годинні дані про пряму сонячну радіацію на перпендикулярну поверхню, які не завжди бувають в розпорядженні дослідника. Тому частіше використовується непрямий метод її розрахунку, в основу якого покладено встановлене Пивоваровою З. І. співвідношення між місячними значеннями прямої сонячної радіації, що надходить на вертикальну і горизонтальну поверхні. Це співвідношення визначається коефіцієнтом K_S :

$$K_S = \frac{S_B}{S'} \quad (2)$$

$$S_B = K_S \cdot S' \quad (3)$$

У цьому способі суттєво те, що використана для розрахунку відносна величина радіації значно менше залежить від хмарності і прозорості атмосфери, ніж абсолютна. З факторів, що впливають на коефіцієнт K_S , залишається в основному широта місця φ [8].

Для з'ясування періоду часу, протягом якого стіни, а звідсіль і приміщення, орієнтовані на різні частини горизонту отримують ультрафіолетову радіацію, попередньо було встановлено початок, кінець і тривалість періоду опромінювання різних стін будівель прямою сонячною радіацією (табл. 1) з врахуванням азимута Сонця і азимута нормалі стіни. Встановлено, що в усі пори року найбільш тривало опромінюється південна стіна; північна стіна опромінюється тільки в період від дня весняного до дня осіннього рівнодення.

Для розрахунку S_B непрямим методом були визначені значення коефіцієнта K_S для широти Одеси (табл. 2). Аналіз табл. 2 дозволяє встановити, що в усі місяці року розглянуті вертикальні поверхні отримують тільки 2-50 % прямої сонячної радіації від тієї, що надходить на горизонтальну поверхню. І тільки на південну стіну в перехідні сезони і особливо в зимові місяці її надходить в 1,5-3,2 рази більше, ніж на горизонтальну. Всі ці співвідношення отримані автором методики для середніх умов хмарності. Але, як показали дослідження М. А. Гольцберг у Білорусії і В. Беєр у Німеччині, вони зберігаються і в умовах безхмарного неба, що дозволяє оцінити гранично можливі суми потоку сонячної радіації на стіни будинків. Зазначимо, що цей метод розрахунку S_B ґрунтується на місячних сумах прямої сонячної радіації на горизонтальну по-

верхню, що дозволяє одержати місячну суму радіації, що надходить на стіни будівель (табл. 3).

Таблиця 1.

Початок, кінець і тривалість періоду опромінення стін різної орієнтації, год. хв.

Місяць		Орієнтація стін							
		Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
I	Початок	-	07.40	07.40	07.40	07.40	08.50	11.54	15.25
	Кінець	-	08.50	11.54	15.25	16.38	16.38	16.38	16.38
	Тривал.	-	01.10	04.14	08.05	08.58	07.48	04.44	01.13
II	Початок	-	07.04	07.04	07.04	07.04	09.14	11.50	15.14
	Кінець	-	09.14	11.50	15.14	17.24	17.24	17.24	17.24
	Тривал.	-	02.10	04.46	08.10	10.20	08.10	05.34	02.10
III	Початок	-	06.15	06.15	06.15	06.15	09.32	11.52	14.45
	Кінець	-	09.32	11.52	14.45	18.03	18.03	18.03	18.03
	Тривал.	-	03.17	05.37	08.30	11.48	08.31	06.11	03.18
IV	Початок	05.15; 17.35	05.15	05.15	05.15	06.28	09.47	12.00	14.15
	Кінець	06.28; 18.45	09.47	12.00	14.15	17.35	18.45	18.45	18.45
	Тривал.	02.23	04.32	06.45	09.00	11.07	08.58	06.45	04.30
V	Початок	04.27; 16.55	04.27	04.27	04.27	07.00	10.06	12.04	13.49
	Кінець	07.00; 19.25	10.06	12.04	13.49	16.55	19.25	19.25	19.25
	Тривал.	05.03	05.39	07.37	09.22	09.55	09.19	07.21	05.36
VI	Початок	04.07; 16.40	04.07	04.07	04.07	07.22	10.18	12.02	13.44
	Кінець	07.22; 19.53	10.18	12.02	13.44	16.40	19.53	19.53	19.53
	Тривал.	06.28	06.11	07.55	09.37	09.18	09.35	07.51	06.09
VII	Початок	04.22; 16.45	04.22	04.22	04.22	07.22	10.19	11.58	13.47
	Кінець	07.22; 19.50	10.19	11.58	13.47	16.45	19.50	19.50	19.50
	Тривал.	06.05	05.57	07.36	09.25	09.23	09.31	07.52	06.03
VIII	Початок	04.57; 17.22	04.57	04.57	04.57	06.45	10.00	11.58	14.10
	Кінець	06.45; 19.13	10.00	11.58	14.10	17.22	19.13	19.13	19.13
	Тривал.	03.39	05.03	07.01	09.13	10.37	09.13	07.15	05.03
IX	Початок	05.36; 17.50	05.36	05.36	05.36	06.00	09.43	12.05	14.22
	Кінець	06.00; 18.14	09.43	12.05	14.22	17.50	18.14	18.14	18.14
	Тривал.	00.48	04.07	06.29	08.46	11.50	08.31	06.09	03.52
X	Початок	-	06.16	06.16	06.16	06.16	08.55	12.08	14.39
	Кінець	-	08.55	12.08	14.39	17.16	17.16	17.16	17.16
	Тривал.	-	02.39	05.52	08.23	11.00	08.21	05.08	02.35
XI	Початок	-	07.01	07.01	07.01	07.01	08.40	12.09	14.55
	Кінець	-	08.40	12.09	14.55	16.27	16.27	16.27	16.27
	Тривал.	-	01.39	05.08	07.54	09.26	07.47	04.18	01.32
XII	Початок	-	07.36	07.36	07.36	07.36	08.32	12.04	15.20
	Кінець	-	08.32	12.04	15.20	16.14	16.14	16.14	16.14
	Тривал.	-	00.56	04.28	07.44	08.38	07.42	04.10	00.54

Таблиця 2.

Значення коефіцієнта K_s для вертикальних поверхонь різної орієнтації на широті Одеси

Стіна	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Пн				0,02	0,05	0,08	0,07	0,03				
ПдС	0,02	0,07	0,12	0,20	0,23	0,25	0,25	0,22	0,16	0,09	0,04	0,01
С	0,54	0,49	0,45	0,49	0,42	0,42	0,42	0,42	0,51	0,54		
Пд	2,85	1,85	1,12	0,64	0,37	0,27	0,32	0,51	0,87	1,53	2,40	3,20
З	0,70	0,58	0,55	0,42	0,35	0,37	0,37	0,42	0,46	0,53		
ПнЗ	0,01	0,07	0,12	0,18	0,21	0,23	0,23	0,19	0,15	0,08	0,04	0,01

Таблиця 3.

Пряма сонячна радіація на стіни будівель різної орієнтації, МДж/м²

Стіна	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Пн	0,0	0,0	0,0	4,4	17,6	32,0	28,6	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0
ПдС	0,7	3,8	15,0	43,8	81,0	100,0	102,3	82,1	43,2	12,5	1,7	0,2
С	20,0	26,5	56,3	107,3	147,8	168,0	171,8	156,7	137,7	75,1	0,0	0,0
Пд	105,5	99,9	140,0	140,2	130,2	108,0	130,9	190,2	234,9	212,7	100,8	70,4
З	25,9	31,3	68,8	92,0	123,2	148,0	151,3	156,7	124,2	73,7	0,0	0,0
ПнЗ	0,4	3,8	15,0	39,4	73,9	92,0	94,1	70,9	40,5	11,1	1,7	0,2

Дані табл. 3 свідчать про те, що в найбільш сприятливих умовах в усі пори року знаходиться південна стіна: в холодний період вона отримує найбільшу, а в теплий найменшу в порівнянні з іншими стінами кількість сонячної радіації. Найбільш несприятливі умови опромінювання північної стіни: в теплу пору року вона найменше освітлюється, а в холодну не освітлюється зовсім.

Наведений на рис. 1 характер розподілу прямої сонячної радіації для деяких стін протягом року вказує на своєрідність цього розподілу для південної стіни. Так, для більшості стін він співпадає з річним розподілом радіації на горизонтальну поверхню, тобто максимум припадає на літні місяці, а мінімум на зимові. Для південної стіни завдяки сприятливим поєднанням режиму хмарності, ще близького до літнього типу, і астрономічному фактору (висота Сонця і тривалість дня) південна стіна максимальну кількість прямої сонячної радіації отримує в вересні-жовтні. Другий, значно менший максимум припадає на весняний період. Мінімум в літній період пов'язано з астрономічним фактором: при значній висоті сонця його проміні майже сквозять вздовж стіни.

Врахування сонячної радіації, що надходить на стіни будинків, дозволяє більш повно оцінити тепловий режим будівель і мікроклімат приміщень. Дійсно, під дією сонячної радіації стіни будівель

нагріваються і навіть в холодний період року можуть мати додатну температуру. В ясні дні при невеликій висоті Сонця на вертикальну поверхню приходить прямої сонячної радіації в декілька разів більше, ніж на горизонтальну поверхню.

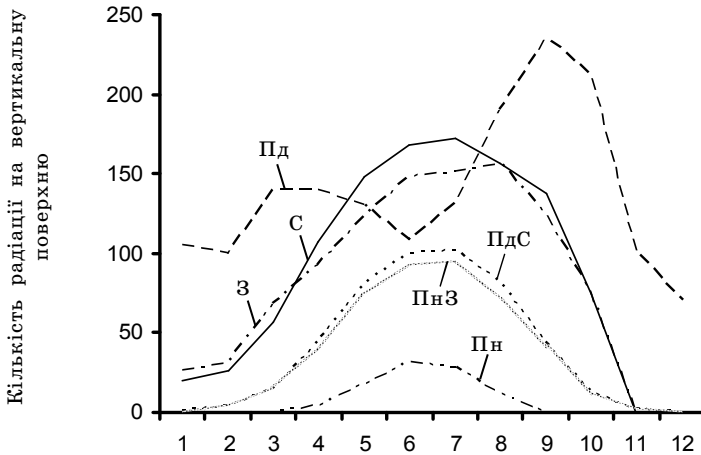


Рис. 1. Річний розподіл прямої сонячної радіації, що надходить на вертикальні поверхні

Л. С. Гандіним і Л. Е. Анапольською [1] розроблена теорія стаціонарного теплового режиму будинків з урахуванням ряду метеорологічних факторів, у тому числі і променистого теплообміну. Формули теорії дозволяють визначити температури зовнішньої і внутрішньої поверхонь стіни, які необхідні, наприклад, для тепло-технічних і інших потреб.

З. І. Пивоваровою зроблена спроба знайти зв'язок між сонячною радіацією, що надходить на стіни будинків, і температурою зовнішньої поверхні стіни [6]. Дійсно, поглинена пряма або сумарна сонячна радіація сприяє підвищенню температури зовнішньої стіни будівлі, що в свою чергу призводить до формування своєрідного температурного режиму в тонкому біля стіни шарі повітря. А це визначає ступень тепловтрат будівлями.

Спостереження, які були проведені дослідниками цього питання в передвесняний період в північних і східних регіонах колишнього Радянського Союзу, дозволили з'ясувати, що температури поверхні стін, орієнтованих на південний схід, південь і південний захід, можуть бути на 15-20° вище температури повітря. В деяких

районах, наприклад у Сибіру і на Далекому Сході, взимку і навесні значна кількість ясних днів призводить до щоденних відлиг поверхонь об'єктів. Співставлення спостережених і розрахункових температур показало, що вони співпадають з точністю до 2-3°.

В якості кількісної характеристики теплового впливу сонячної радіації пропонується еквівалентна температура t_e , розрахунок якої можна виконати за наступною формулою:

$$t_e = \frac{pQ_B}{a_n}, \quad (4)$$

де Q_B — сумарна (або пряма S_B) сонячна радіація на вертикальну поверхню; $p = (1 - \alpha)$ — коефіцієнт поглинення сонячної радіації вертикальною поверхнею; a_n — коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею стіни і зовнішнім повітрям. Згідно СНіП $a_n = 0,084$ МДж/(м²·год·°С).

Для врахування перегріву за рахунок сонячного опромінювання А. М. Шкловер ввів поняття сумарної (або умовної) температури повітря t_c :

$$t_c = t_3 + t_e \quad (5)$$

де t_3 — температура зовнішнього повітря; t_e — еквівалентна температура сонячного опромінення.

Дані табл. 4, які розраховані на основі місячних величин прямої сонячної радіації, що надходить на різні стіни, вказують на те, що в шарі повітря біля південної стіни температура підвищується протягом доби в середньому на 3 °С (при $\alpha = 0,30$), що взимку вдвічі більше, а влітку майже в двічі менше ніж біля інших стін. В більш несприятливих умовах влітку знаходяться східна і західна стіни, які за рахунок поглинання прямої сонячної радіації зазнають кожен годину в середньому перегрів майже на 5-6 °С, а максимально можливий — на 10-15 °С. Але завдяки добовому руху температури повітря цей дискомфорт більш відчуває західна стіна, температура повітря в тонкому шарі біля якої може значно перевищувати 30 °С.

Регулюючи відбивальну здатність стін можна суттєво корегувати вплив сонячної радіації. Для більш детального аналізу впливу променистого опромінювання на тепловий режим будівель, а саме визначення цього впливу в добовому розрізі, бажано погодинне дослідження приходу сонячної радіації на різні стіни будівель протягом усього періоду опромінювання.

Таблиця 4.

Середня добова еквівалентна температура для стін різної орієнтації для відбивальної здатності α , °С

Місяць	Пн	ПнС	С	Пд	З	ПнЗ
$a = 0,30$						
I			1,3	3,3	1,6	0,1
II		0,10	1,8	2,9	1,8	0,5
III		0,50	2,8	3,3	3,0	1,3
IV	0,6	1,40	4,6	3,5	4,0	2,6
V	0,9	2,40	5,4	3,7	4,6	3,7
VI	1,4	3,00	6,2	3,3	5,5	4,2
VII	1,3	3,00	6,3	3,8	5,4	4,2
VIII	0,9	2,40	6,0	4,9	5,9	3,8
IX	0,1	1,40	6,1	5,7	5,7	3,2
X		0,40	3,7	5,2	3,9	1,3
XI		0,06		3,0	-	0,4
XII				2,3	-	0,1
$a = 0,70$						
I		0,0	0,6	1,4	0,7	0,1
II		0,1	0,8	1,3	0,8	0,2
III		0,2	1,2	1,4	1,3	0,5
IV	0,2	0,6	2,0	1,5	1,7	1,1
V	0,4	1,0	2,3	1,6	2,0	1,6
VI	0,6	1,3	2,7	1,4	2,4	1,8
VII	0,6	1,3	2,7	1,6	2,3	1,8
VIII	0,4	1,0	2,6	2,1	2,5	1,6
IX		0,6	2,6	2,4	2,4	1,4
X		0,2	1,6	2,2	1,7	0,6
XI		0,1		1,3	-	0,2
XII		0,0		1,0	-	0,1

Висновки. Проведене дослідження показує, що:

- в найбільш сприятливих радіаційних умовах в місті Одеса знаходиться південна стіна: взимку вона отримує суттєву теплову добавку до температури повітря в тонкому шарі біля стіни, що зменшує тепловитрати приміщень; влітку вона не зазнає значного, в порівнянні з іншими стінами, перегріву за рахунок сонячної радіації;

- стіни східної і західної орієнтації влітку знаходяться в більш несприятливих умовах, що потребує розробки додаткових заходів для охолодження приміщень.

Література

1. Анапольская Л. Е., Гандин Л. С. Метеорологические факторы теплового режима зданий. — Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 325 с.
2. Берлянд Т. Г. Климатологические исследования режима солнечной радиации для использования их в гелиотехнических целях // Тр. ГГО. — 1980. — № 427. — С. 3-33.
3. Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України. — К.: Наукова думка, 1967. — 132 с.
4. Гойса Н. И. Распределение суммарной радиации на территории Украины и Молдавии // Тр. УкрНИГМИ. — 1961. — Вып. 26. — С. 14-28.
5. Исаев А. А. Экологическая климатология. — М.: Наука, 2001. — 456 с.
6. Пивоварова З. И. Разработка климатических параметров для оценки потенциальных ресурсов энергии солнечной радиации на территории СССР // Материалы XII совещания по актинометрии. — Иркутск, 1984. — С. 57-61.
7. Пивоварова З. И. Оценка суммарного прихода коротковолновой радиации на стены зданий // Тр. ГГО. — 1967. — № 209. — С. 22-43.
8. Пивоварова З. И. Прямая солнечная радиация, поступающая на стены зданий // Тр. ГГО. — 1967. — № 193. — С. 73-103.
9. Пивоварова З. И. Характеристика радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства // Тр. ГГО. — 1973. — № 321. — С. 127.

Ю. И. Шамраев

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЖИМОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ОДЕССЕ

Для характеристики колебаний температуры воздуха использованы многолетние наблюдения Одесской гидрометеорологической обсерватории за средними месячными и годовыми значениями в течение 115 лет с 1894 по 2008 г. Как видно из табл. 1, в течение вышеупомянутого периода имело место заметное потепление, особенно в холодные месяцы (ноябрь-апрель).

Таблица 1.

Средние месячные и годовые температуры воздуха в Одессе, °С

Период наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год.
1894-1950	-2,3	-1,8	2,2	8,2	15,0	19,4	22,1	21,5	16,9	11,3	5,1	0,1	9,8
1951-2008	-1,2	-0,8	2,7	9,1	15,2	19,6	22,1	21,7	17,0	11,3	5,7	1,3	10,3
1894-2008	-1,7	-1,3	2,4	8,7	15,1	19,5	22,1	21,6	16,9	11,3	5,4	0,7	10,1

Если в зимние месяцы потепление достигает 1,0-1,2 °С, то значения средних температур в июле и октябре не претерпевают никаких изменений. Средняя годовая температура во втором периоде (1951-2008 гг.) оказалась на 0,5 °С выше, чем в первом (1894-1950 гг.). Табл. 2 дает представление о колебаниях средних месячных и годовых значений температуры воздуха в течение всего периода наблюдений (1894-2008). Наиболее высокие средние температуры в январе-июне и сентябре отмечались в последние 15 лет (1994-2008 гг.), а наиболее низкие в феврале, апреле, мае, сентябре, ноябре и декабре — в 1919-1942 гг. Наибольшие амплитуды колебаний средних значений характерны для октября-марта (11,7-17,1 °С), наименьшие — для апреля-сентября (6,5-7,8 °С).

Таблица 2.

Максимальные и минимальные значения средних температур в Одессе, °С

Характеристика и год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Максимум	5,0	4,7	8,2	11,6	18,4	23,1	26,4	25,9	20,7	16,6	11,7	6,9	12,5
Год	2007	2002	1990	1998	2003	2007	1936	1929	1994	1918	1923	1960	2007
Минимум	-9,4	-12,4	-3,5	4,0	11,9	15,5	18,6	18,2	13,8	4,9	-0,9	-5,4	8,1
Год	1963	1929	1987	1942	1919	1966	1902	1976	1941	1973	1920	1933	1933
Амплитуда	14,4	17,1	11,7	7,6	6,5	7,6	7,8	7,7	6,9	11,7	12,6	12,3	4,4

В зависимости от значений средних годовых температур можно выделить пять типов годов: очень холодные (ОХ), холодные (Х), нормальные (Н), теплые (Т), и очень теплые (ОТ). В табл. 3 приводятся критерии этих типов и их повторяемости. За первые 40 лет наблюдений (1894-1933 гг.) в Одессе не наблюдалось ни одного теплого года, зато отмечена почти половина (12) холодных и очень холодных лет, из которых самым холодным оказался 1933 год (8,1 °С). В 30-е годы имел место четырехлетний теплый период (1936-1939 гг.) со средней годовой температурой 10,9 °С. Его сменил 17-летний холодный период (1940-1956 гг.) со средней температурой 9,8 °С. Последние очень холодные годы зафик-

сированы в 1985 и 1987 гг. (средняя годовая температура 8,4 и 8,5 °С соответственно). В дальнейшем температура имела тенденцию к повышению, особенно заметную в последние 10 лет (1999-2008 гг.), когда отмечались 6 теплых (1999-2002, 2004 и 2005 гг.) и два очень теплых (2007 и 2008 гг.) года. Средняя годовая температура в этом десятилетии достигла 11,3 °С (т. е. на 1,2 °С выше средней многолетней за 1894-2008 гг.).

Все вышеизложенное свидетельствует о весьма заметном потеплении климата, происходящем в начале XXI века.

Таблица 3.

Критерии типов годов по средней годовой температуре воздуха и их повторяемость, %

Тип года	Критерий (градация, °С)	Число случаев	%	Очень холодные и очень теплые годы
ОХ	≤ 8,5	4	4	1933, 1956, 1985, 1987
X	8,6 - 9,3	21	18	
H	9,4 - 10,9	75	65	
T	11,0 - 11,8	13	11	
ОТ	≥ 11,9	2	2	2007, 2008

По данным Одесской гидрометеорологической обсерватории удалось получить ряд наблюдений над осадками с 1900 по 2008 гг. с перерывом в военные 1941-1944 гг. В табл. 4 помещены средние суммы осадков за отдельные интервалы наблюдений. При этом, если первый из них оторван от второго, то второй и третий представляют собой непрерывный ряд наблюдений продолжительностью 64 года (1945-2008 гг.).

Таблица 4.

Средние суммы осадков в Одессе, мм

Период наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII	ТП	Год
1900-1940	25	18	20	28	30	48	33	34	30	42	29	28	120	245	365
1945-1974	37	37	25	24	41	41	43	38	37	22	42	43	184	246	430
1975-2008	34	33	34	33	35	50	47	39	38	31	44	33	178	273	451
1945-2008	35	35	30	29	38	45	45	39	38	27	43	38	181	261	442

Примечание: XII — холодный период (ноябрь-март), ТП — теплый период (апрель-октябрь).

В годовом ходе осадков (табл. 4) имеет место 2 максимума (июнь-июль и ноябрь) и 2 минимума (апрель и октябрь). При этом в теплый период года (апрель-октябрь) выпадает 59 % годового количества осадков. Анализируя изменение осадков в первом и во

втором периодах наблюдений, можно сделать вывод о весьма существенном их увеличении (на 50 %) в холодном периоде 1945-1974 гг., что привело к росту годовой суммы на 20 %.

Табл. 5 дает представление о максимальных и минимальных суммах осадков за отдельные месяцы, холодный и теплый периоды и год. Максимальные суммы осадков (кроме октября) отмечались во второй половине XX века, а минимальные (кроме января, апреля и июня) — в первой.

Таблица 5.

Максимальные и минимальные суммы осадков, мм

Характеристика и период наблюдений	Максимальная сумма осадков (1900-2008)		Минимальная сумма осадков (1900-2008)	
	кол-во (мм)	год	кол-во (мм)	год
I	139	1966	1	1964
II	135	1969	1	1920, 1929
III	91	1988	0	1921
IV	138	1977	0	1952
V	134	1970	1	1936, 1947
VI	128	1984	2	1957
VII	142	1988	1	1931
VIII	150	2002	1	1929, 1954
IX	166	1971	0	1903, 1944, 1946, 1994
X	196	1939	1	1907, 1913, 1949
XI	150	1952	0	1901, 1902
XII	112	1966	0	1922, 1949
XIII	341	1966, 1967	40	1920-1921
XIV	447	1997	121	1907
Год	663	1988	242	1923

«Скользкая» средняя (за 10 лет) годовая сумма осадков за 21 год (с 1943-1953 по 1965-1974 гг.) выросла на 147 мм (с 353 до 500 мм). За последние 17 лет произошло ее уменьшение на 102 мм. В течение пяти лет (1982-1991 — 1987-1996) сумма колебалась в пределах 398-410 мм, а затем за 10 лет (до 1997-2006) вновь выросла на 106 мм (до 504 мм). В последние два года вновь начался спад (до 474 мм). Таким образом, за вторую половину XX века и начало XXI века в Одессе имело место существенное увеличение годовых сумм осадков (почти на 150 мм, т.е. на 50 %).

Распределение наибольших и наименьших годовых сумм атмосферных осадков по трем интервалам наблюдений подтверждает этот вывод (табл. 6).

Таблиця 6.

Повторяемость максимальных и минимальных годовых сумм осадков, %

Год. сумма	1900-1940 гг.	1945-1974 гг.	1975-2008 гг.
≥ 500 мм	10	27	29
≤ 300 мм	24	13	3

Если повторяемость наиболее увлажненных лет в третьем интервале наблюдений возрастает незначительно по сравнению со вторым интервалом (всего на 2 %), то повторяемость наиболее засушливых лет уменьшается в 4 раза (с 13 до 3 %).

*О. Л. Казаков,
М. В. Трегубова*

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЗМІН СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИХ ШВИДКОСТЕЙ ВІТРУ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Раніше [1; 2] нами вже розглядалося питання про зміни, що сталися у вітрових характеристиках на станціях південного заходу України. Було показано, що зміни як середньобагаторічних середньомісячних швидкостей вітру так і середньорічних значень мали хвилеподібний характер. А з іншого боку, на всіх станціях, окрім Білгород-Дністровського, відзначалися явні тенденції зменшення середньомісячних швидкостей, що було пов'язане зі збільшенням повторюваності слабких вітрів до 5 м/с. У даному повідомленні ми даємо кількісну оцінку статистично значущих трендів для двох центральних місяців зими й літа.

Використані дані. Окрім Метеорологічних щомісячників нами були використані дані строкових спостережень станцій Одеського регіону, підготовлені у відділі метеорології ГМЦ ЧАМ. Вони містять у собі строкові спостереження над вітром, по яких нами були розраховані середньомісячні значення швидкості вітру для 9 станцій Одеської області (Любашівка, Затишшя, Роздільна, Сербка, Одеська ГМО, Сарата, Болград, Ізмаїл, Вилкове) за 1996-2009 р. для січня й 1996-2008 р. для липня. Для наступного аналізу були сформовані вибірки довжиною 49 і 48 років для січня й липня, відповідно (47 і 46 років для Роздільної).

При аналізі графічного матеріалу ми насамперед звернули увагу на те, що тенденція зниження швидкостей у розглянутий пері-

од була присутня на всіх станціях, і не залежно від сезону. Візуально найбільші зміни швидкості вітри відзначались на станціях Вилкове, Сербка, Сарата, Одеса й Затишся. Причому для Ізмаїла, Роздільної, Любашівки й Болграда криві мінливості можна умовно розділити на два періоди: 60-80 рр. та інший період. Для останнього характерним представляються короткоперіодичні коливання відносно деяких середніх значень з початку 80-х до кінця розглянутого періоду. Розходження в літніх і зимових значеннях швидкості вітру були найбільш помітні на станціях Затишся та Одеса. І ще на одну деталь хотілося б звернути увагу: з кінця 90-х років практично на всіх станціях (окрім Сарати) виявилася тенденція збільшення швидкостей вітру, хоча й трохи замаскована дворічними коливаннями.

Методика дослідження. Для статистичного оцінювання кліматичного сигналу (тренда) нами був обраний метод інверсій [3], суть якого полягає в наступному. У часовому ряді підраховується число випадків, коли всі наступні значення будуть менше даного члена ряду. При повторенні такої процедури для кожного послідовного члена ряду формується загальна сума інверсій. Далі проводиться перевірка «нульової» гіпотези, відповідно до якої спостереження являють собою незалежні вибірки випадкових величин, тобто тренду немає. Якщо знайдена сума інверсій не буде належати області прийняття нульової гіпотези, то приймається гіпотеза, що тренд є, знак якого визначається залежно від розташування критерію інверсій щодо діапазону прийняття «нульової» гіпотези: менше — від'ємний тренд, а більше — додатний. Оцінки можуть проводитися з різним рівнем значущості 1 %, 5 або 10 %, що визначає ймовірність помилки відкидання нульової гіпотези. Ми використали найбільш поширене значення критерію значущості — 5 %. Кількісна оцінка величини лінійного тренду може бути отримана за допомогою методу найменших квадратів і відношення сигнал/шум, де під шумом розуміється середньоквадратичне відхилення (СКВ).

Статистична оцінка змін у часових рядах середньомісячних значень швидкості вітру для 9 станцій Одеської області, отриманих для січня і липня, здійснювалася в такий спосіб. Спочатку кожний ряд середньомісячних значень швидкості вітру перевірявся на наявність статистично значимих трендів з 5 % забезпеченістю з ковзною шириною вікна рівної 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 рокам,

а також довжині даної вибірки 49 і 48 р. для січня й липня відповідно (мінімальна довжина 47 і 46 років була в Роздільній). Для виявлених періодів зі статистично значущими змінами розраховувалися величини лінійного тренда, СКВ та відношення сигнал/шум.

Аналіз отриманих результатів. У табл. 1-4 наведені основні результати застосування даної методики, а саме оцінка частки виявлення лінійних трендів з імовірністю помилки 5 % для періоду 1961-2009 рр. для січня й 1961-2008 рр. для липня, а також величин лінійного тренда для стандартного періоду 1961-1990 рр. Найважливішими особливостями представлених характеристик можна вважати наступні:

- Зі збільшенням ширини вікна збільшується частка виявлення статистично значущих лінійних трендів.

Для ширини вікна 10 років вона не перевищує 25 %, для 20 років — 2/3 випадків, а для 25, 35 і 40 років часто досягає 100 % (табл. 1). Зауважимо, що при цьому має місце зменшення загального числа випадків для аналізу.

- Основна частка виявлених трендів довжиною 10-15 років припадає на період до 90-х років.

Виключенням можна вважати результати обробки для станції Сербка — до 1998 р. для ширини вікна 15 років. Хоча з кінця 80-х років практично для кожної станції відзначалися тренди довжиною 15 років аж до кінця всього розглянутого періоду.

- Особливо слід зазначити наявність додатних трендів у результатах обробки рядів середньомісячних швидкостей вітру (табл. 2).

Узимку додатні тренди відзначалися або на початку розглянутого періоду (з 1961 по 1972 р. у Роздільній та Сербці) або наприкінці періоду (з 1997 по 2009 рр. у Болграді, Любашівці, Вилковому та Затишші). А влітку, тільки для Роздільної відзначений зріст швидкості на початку періоду, а на інших станціях у середині періоду (з 1982 до кінця 90-х рр.). Це стосується 10-річної ширини вікна. Додатні тренди для 15- і 20-річної ширини вікна отримані в основному влітку для середини розглянутого періоду, а до кінця розглянутого періоду тільки для станції Любашівка. Для Одеси взимку й улітку отримані значущі додатні тренди до кінця розглянутого періоду тільки з 25-річною шириною вікна. Але взимку в цьому ж діапазоні (з такою шириною вікна й до кінця розглянутого періоду) відзначені тренди для Любашівки та Ізмаїла.

Таблиця 1.

Частка виявлення лінійних трендів
середньомісячної швидкості вітру, %

№	МС	Січень							Липень						
		ширина вікна, роки							ширина вікна, роки						
		10	15	20	25	30	35	40	10	15	20	25	30	35	40
1	Любашівка	20	60	40	92	75	100	90	23	50	45	71	31	100	78
2	Затишся	8	43	23	100	85	100	100	33	62	59	88	42	100	89
3	Роздільна	24	51	61	100	100	92	100	36	50	33	100	100	100	100
4	Сербка	10	68	67	100	100	100	100	15	32	28	100	84	100	100
5	Одеса	8	63	67	100	90	100	100	15	47	55	100	95	100	100
6	Сарата	10	43	40	100	85	100	100	8	41	34	100	53	100	100
7	Болград	25	46	27	92	30	100	70	2	41	21	100	74	100	100
8	Ізмаїл	0	28	23	92	70	100	100	5	24	17	88	21	100	0
9	Вілкове	2	37	17	96	80	100	100	13	65	65	100	100	100	100

Таблиця 2.

Частка додатних трендів середньомісячних швидкостей вітру
на станціях Одеської області у 1961-2009 рр.

№	МС	Січень				Липень			
		n_+	$\frac{n_+}{N1}, \%$	$N2$	$\frac{n_+}{N2}, \%$	n_+	$\frac{n_+}{N1}, \%$	$N2$	$\frac{n_+}{N2}, \%$
1	Любашівка	6	3,4	89	6,7	13	7,7	84	15,4
2	Затишся	1	0,5	93	1,0	20	11,8	103	19,4
3	Роздільна	3	1,8	104	2,9	10	6,4	97	10,4
4	Сербка	1	0,5	119	0,8	2	1,2	89	2,2
5	Одеса	1	0,5	114	0,9	1	0,6	104	0,9
6	Сарата	0	0,0	99	0,0	2	1,2	85	2,3
7	Болград	7	4,0	86	8,1	2	1,1	83	2,4
8	Ізмаїл	2	1,1	80	2,5	7	4,1	55	12,7
9	Вілкове	1	0,5	83	1,2	0	0,0	113	0,0

Примітка: n_+ — кількість випадків з додатним трендом; $N1$ — максимально можлива кількість випадків з трендами (176 и 169 для всіх станцій у січні та липні, відповідно, для Роздільної 162 та 155); $N2$ — фактична кількість випадків з трендами.

Відсоток додатних трендів склав від загального числа виявлених трендів 3,8 % у січні і 11,3 % у липні (табл. 3). Додатні тренди відзначалися тільки для вікон < 25 років. При цьому влітку їхнє загальне число зросло більш, ніж у 2 рази й найчастіше вони виявлялися на станціях Затишся, а взимку на станціях Болград та Любашівка.

Порівняння величини лінійних трендів за весь період з тими, що були оцінені для стандартного періоду в 30 років (1961-1990 рр.), дало досить неочікуваний результат. У січні з зростанням періоду

зросли і тренди, тоді як у липні, навпаки, сталося їх зменшення (табл. 4). Помітимо також, що для 30-річного періоду у січні тренди отримані менші за липневі. У той же час для всього періоду лінійні тренди у січні майже на всіх станціях удвічі більше трендів у липні. На трьох станціях (Одеса, Сербка й Вилкове) у січні за весь період отримане зниження середньомісячних швидкостей майже на 3 м/с.

Таблиця 3.

Частка додатних трендів середньомісячних швидкостей вітру для різної ширини вікна обчислення тренду в 1961-2009 рр.

Ширина вікна, роки	Січень			Липень		
	n_+	N2	$\frac{n_+}{N2}, \%$	n_+	N2	$\frac{n_+}{N2}, \%$
10	14	42	33,3	23	71	32,4
15	3	153	2,0	14	139	10,1
20	0	108	0,0	10	103	9,7
25	5	276	1,8	12	207	5,8
Сума	22	579	3,8	59	520	11,3

Примітка: Позначення ті ж самі, що у табл. 2.

Таблиця 4.

Лінійні тренди середньомісячних швидкостей вітру на станціях Одеської області з вірогідністю помилки 5 %, м/с

№	МС	Січень		Липень	
		1961-1990	1961-2007	1961-1990	1961-2007
1	Любашівка	-1,1	-1,8	-1,9	-0,8
2	Затишшя	-1,7	-1,6	-1,3	-1,1
3	Роздільна	-1,2	-2,3	-1,8	-1,4
4	Сербка	-1,2	-3,0	-2,1	-1,5
5	Одеса	-1,7	-2,9	-2,5	-1,7
6	Сарага	-1,6	-2,5	-2,5	-1,7
7	Болград	-1,4	-1,8	-2,2	-1,4
8	Ізмаїл	-	-1,5	-1,2	-0,4
9	Вилкове	-1,4	-3,0	-	-2,4

Примітка: знак мінус означає відсутність у даний період статистично значущих лінійних трендів.

Слід зазначити, що величини лінійних трендів для будь-якої ширини вікна не були сталими протягом усього періоду, коли вони виявлялися методом ковзного вікна. Так, наприклад, для станції Роздільна в січні при ширині вікна 20 років, величина лінійного від'ємного тренда збільшилася (по абсолютній величині) майже у два рази, а потім у стільки ж раз зменшилася. Нами були виділені ще

кілька типів змін: стабільний ріст, стабільне зменшення, ріст-падіння, незначні зміни. Властиво такі висновки про величини трендів можна було зробити й на підставі візуального перегляду відповідних графіків міжрічної мінливості середньомісячних швидкостей вітру на всіх станціях Одеської області, з яких чітко видно, що на кожній станції зміни швидкості вітру відбувалися суцільно індивідуально, але із загальними рисами: у перші 20 років відзначалися ріст або помітне падіння швидкості, а в наступний період, як правило спад швидкостей помітно зменшувався, а з кінця 90-х років відзначався навіть збільшення швидкості. Відзначимо також, що величина додатних трендів в основному менше за 1 м/с. Більші значення отримані тільки для Роздільної та Сербки в січні для першого десятиріччя, а для Вилкове — для останнього десятиріччя. Улітку такі істотні тренди отримані тільки для Сербки в середині розглянутого періоду.

Аналіз відношення «сигнал/шум» показав, що у переважній кількості випадків, майже 95 і 90 % в обидва сезони, на всіх станціях він перевершував одиницю. Відповідно, це відношення > 2 становило 55 і 45 % у січні й липні. Помітимо також, що СКВ ніколи не перевищувало 1 м/с.

І останнє, нами була отримана досить значна корельованість між середньомісячними швидкостями вітру по станціях Одеської області (табл. 5). Поясненням цього результату дослідження може бути наступне. Територія Одеської області представляється досить малою у порівнянні з територією України або Азово-Чорноморським басейном. Тому значні коливання режимних характеристик синоптичного масштабу, наприклад вітру або температури, повинні простежуватися практично на всіх станціях Одеського регіону. Однак, ступінь їхньої чіткості прояву (виразності) може маскуватися впливом місцевих фізико-географічних чинників. Вище ми вже відзначали, що з візуального огляду кривих міжрічної мінливості швидкостей вітру на станціях Одеської області їх загальною властивістю з'явилося зменшення швидкості вітру в другій половині ХХ століття. Зроблена вище статистична оцінка таких трендів підтвердила цей візуально виявлений факт для всіх станцій. Проте ступінь розходження в змінах вітрового режиму, що мали місце, можна дослідити й за допомогою лінійного кореляційного аналізу. Інакше кажучи, синхронність регіональних змін повинна, на нашу думку, підтверджуватися високою корельованістю між вибірками середньомісячних значень швидкості вітру по різних станціях Одесь-

кої області. А низька корельованість між даними по вітру на станціях одного регіону може свідчити про значний вплив «містечковості» на режим вітру, яка може бути пов'язана, як з особливостями прояву місцевих вітрів, так і штучними змінами рельєфу або значною перебудовою населених пунктів.

Таблиця 5.

Корельованість між середньомісячними значеннями швидкості вітру по станціях Одеської області

Станція	Роздільна	Болград	Ізмаїл	Любашівка	Одеса	Сарата	Сербка	Вилкове	Затишся
Роздільна	1	0,696	0,535	0,671	0,775	0,685	0,707	0,756	0,730
Болград	0,735	1	0,567	0,671	0,829	0,902	0,757	0,778	0,841
Ізмаїл	0,744	0,678	1	0,350	0,515	0,542	0,452	0,449	0,558
Любашівка	0,754	0,704	0,579	1	0,667	0,659	0,628	0,554	0,777
Одеса	0,872	0,670	0,689	0,673	1	0,825	0,735	0,757	0,827
Сарата	0,845	0,880	0,709	0,830	0,805	1	0,665	0,700	0,765
Сербка	0,787	0,678	0,644	0,826	0,748	0,850	1	0,706	0,684
Вилкове	0,854	0,777	0,763	0,625	0,795	0,854	0,728	1	0,668
Затишся	0,821	0,754	0,713	0,846	0,775	0,857	0,838	0,801	1

Примітка: Дані нижньої половини таблиці — для січня, а верхньої половини — для липня.

У цілому, для зими корельованість між даними на різних станціях виявилася вище влітку, однак, саме влітку отримані максимальні значення коефіцієнта кореляції (близько 0,9 між швидкостями вітру в Сараті та Болграді). Саме влітку отримана найменша корельованість між даними Ізмаїла та інших станцій. Мінімальний коефіцієнт кореляції отриманий за даними про швидкість вітру для Ізмаїла та Любашівки — 0,35. Проте навіть такий малий коефіцієнт кореляції є статистично значущим. Тобто усі отримані нами коефіцієнти кореляції є статично значущими.

Висновки. Для двох вибірок середньомісячних швидкостей вітру для січня 1961-2009 рр. та липня 1961-2008 рр. по всіх станціях Одеської області, окрім Білгород-Дністровського, були отримані оцінки лінійних трендів з вірогідністю помилки 5 %.

Більшість знайдених трендів, як взимку так і літом, виявилася від'ємними, тобто вони показали зменшення середньомісячних швидкостей вітру на всіх без виключення станціях Одеської області. Це стосується, як короткострокових (10-15 років) періодів, так і дов-

гострокових (20-40 років) та за весь розглянутий майже 50-річний період. Проте слід відзначити наявність додатних трендів у результатах обробки рядів середньомісячних швидкостей вітру, але вони відзначалися тільки для вікон < 25 років. Для Одеси взимку й улітку отримані значущі додатні тренди до кінця розглянутого періоду тільки з 25-річною шириною вікна.

Аналіз відношення «сигнал/шум» показав, що у переважній кількості випадків на всіх станціях він перевищував одиницю. Причому, це відношення > 2 становило 55 і 45 % у січні й липні.

І останнє. Нами була отримана досить значна корелятивність між середньомісячними швидкостями вітру по станціях Одеської області, що підтверджує синхронність регіональних змін швидкості вітру на станціях Одеської області за розглянутий період.

Література

1. Казаков А. Л., Трегубова М. В. Оценка изменений ветрового режима в юго-западных областях Украины во второй половине XX века // Вісник ГМЦ ЧАМ. — 2008. — № 2. — С. 14-18.
2. Головатюк Н. Д., Казаков А. Л., Трегубова М. В. Оцінка змін вітрового режиму в Одеській області у другій половині XX століття // Вісник ГМЦ ЧАМ. — 2008. — № 4. — С. 70-76.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. — М.: Мир, 1989. — 542 с.

Резюме

В статье приводится анализ количественной оценки линейных трендов в среднемесячных значения скорости ветра по девяти станциям Одесской области.

УДК 551.509.324.3

І. А. Хоменко

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЛЬДОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ В ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ

Передмова. Обледеніння біля поверхні землі і на висотах призводить до багатьох негативних наслідків в господарській діяльності людини. В першому випадку воно призводить до припинення електропостачання, руйнування телефонної мережі, аварій на авто- та залізничних шляхах, загибелі лісів тощо; а в другому випадку — до перебоїв в роботі авіації, або і навіть до аварій літаків.

Питання про прогнозування обледеніння та про захист від нього є досить актуальним, незважаючи на розвиток протиобліднувальної техніки та удосконалення прогностичних моделей та методів прогнозу обледеніння.

Дана робота є продовженням роботи [5], і в ній на підставі приземної метеорологічної інформації 11 станцій Одеського регіону проаналізовано метеорологічні умови, що є характерними, а значить і сприятливими для виникнення обледеніння біля поверхні землі.

Типи льодових та снігових відкладень в атмосфері

Стосовно до ISO-12494 [9; 13], нарощення льоду може бути визначено як будь-який процес зростання маси льоду або снігу на поверхнях об'єктів, які є відкритими для впливу атмосферного повітря на них.

Атмосферне обледеніння традиційно поділяють на 3 класи в залежності від двох різних процесів формування:

- 1) обледеніння, що утворюється при осіданні крапель води, які знаходяться у зваженому стані у повітрі;
- 2) обледеніння, що спостерігається при опадах;
- 3) іній.

Перший тип обледеніння має результатом кристалічну та зернисту паморозь.

Другий тип обледеніння утворюється при випаданні: дощу або мряки, що замерзає, (утворює ожеледь); мокрого снігу; сухого снігу.

Іній утворюється внаслідок сублимації водяної пари. Оскільки іній має невелику густину та його осадження не досягають у діаметрі великих розмірів, тобто іній не має великого впливу на господарську діяльність, тому зазвичай його виключають з розгляду.

Дані. В даній статті для вивчення режиму ожеледно-паморозевих явищ (ожеледь, кристалічна та зерниста паморозь) та снігового наліпу (відкладення снігу, мокрого снігу та змерзлого снігу) в Одеському регіоні використовувались дані наземних спостережень по 11 станціях Одеського регіону (Затишшя, Любашівка, Одеса ГМО, Роздільна, Сербка, Білгород-Дністровський, Болград, Іллічівськ, Ізмаїл, Вилкове, Сарата) за 12-річний період з 1996 по 2007 рр. Дані спостережень містили інформацію з температури, швидкості та напрямку вітру біля поверхні землі на момент початку явища та на момент досягнення наліпом максимального розміру, а також інформацію з тривалості наростання та зберігання явища, діаметра та товщини відкладень ожеледі, паморозі та снігового наліпу.

Аналіз отриманих результатів.

Тривалість та повторюваність ожеледно-паморозевих явищ та снігового наліпу в Одеському регіоні.

Клас обледеніння станції та показник ризику

Ожеледно-паморозеві явища та сніговий наліп в Одеському регіоні утворюються з листопаду по березень включно.

За розглянутий період на вказаних станціях було зафіксовано усього 1043 «простих випадків» ожеледно-паморозевих явищ та снігового наліпу (табл. 1). Під простими випадками будемо розуміти випадки, при яких не спостерігалось повторних відкладень, а також складних відкладень, тобто таких, що містять два або більше типів льоду або снігу.

Таблиця 1.

Розподіл повторюваності кількості випадків
в залежності від типу явища

Станція	Ожеледь	Кристалічна паморозь	Зерниста паморозь	Сніг	Мокрий сніг	Змерзлий мокрий сніг	Всього випадків
Затишся	11	6	104	0	0	0	121
Любашівка	51	48	47	0	8	5	159
Одеса	25	17	19	0	12	1	74
Роздільна	41	14	49	0	1	0	105
Сербка	22	12	43	0	1	0	78
Б-Дністровський	20	2	26	0	13	1	62
Болград	50	14	52	0	17	1	134
Іллічівськ	21	6	5	0	12	1	45
Ізмаїл	12	10	44	0	7	5	78
Сарата	29	16	75	0	21	0	141
Вилкове	9	18	7	0	12	0	46
Всього	291	163	471	0	104	14	1043

З шести типів відкладень, а саме ожеледь, кристалічна та зерниста паморозь, відкладення снігу, мокрого снігу та змерзлого снігу, на 11 станціях, що розглядаються, найчастіше спостерігаються зерниста паморозь (471 випадок, тобто 45,1 % від загальної кількості випадків) та ожеледь (291 випадків — 27,9 %). Найбільшу повторюваність ожеледь має на ст. Любашівка (32,1 %), Одеса (33,8 %) та Болград (37,3 %), а зерниста паморозь на ст. Затишся (86,0 %), Сербка (55,1 %), Сарата (53,2 %). Жодного разу не спостерігалось відкладень сухого снігу на будь-якій зі станцій, тому у подальшому це явище виключено з розгляду. Взагалі відкладення сухого

снігу відмічались лише в Японії та на Алясці, і навіть там це явище спостерігається дуже рідко, тому про нього існує дуже небагато інформації [11].

Відомо, що обледеніння має місце час від часу у багатьох північних країнах. Опади, що замерзають, найчастіше спостерігаються в Канаді та північній частині США. Мокрий сніг щорічно з'являється в Ісландії та Норвегії, але також часто спостерігається у багатьох країнах помірних широт, включаючи Росію, Японію, Канаду, США та частково у всіх європейських країнах [9; 11; 14; 15]. На Україні обледеніння біля поверхні землі не має такої високої повторюваності, як у північних країнах, проте відкладення льоду та снігу можуть досягати досить великих розмірів, і таким чином, спричиняти суттєву небезпеку [1].

Важливою характеристикою ожеледно-паморозевих явищ та снігового наліпу є їх тривалість, оскільки товщина відкладень льоду або снігу у великій мірі залежить не від інтенсивності ожеледі, паморозі та снігу, а від їх тривалості [2; 3]. Тривалість зберігання відкладень в деяких випадках може сягати 160 годин: 2 випадки ожеледі у Білгород Дністровському та Ізмаїлі, паморозь та мокрий сніг також можуть зберігатись впродовж тривалого часу: випадок зернистої паморозі на ст. Затишся (90 годин) та випадок мокрого снігу на ст. Білгород-Дністровський (100 годин); а максимально можлива тривалість наростання складає 50 годин: на ст. Затишся — 3 випадки, а на ст. Роздільна і Ізмаїл — по 1 випадку.

Від таких характеристик як кількість днів з обледенінням за рік, повторюваність обледеніння впродовж року та інтенсивність відкладення, залежить клас обледеніння станції [9]. В наукових працях [9] за останні роки було запропоновано наступну класифікацію для визначення класу обледеніння станції (табл. 2).

Таблиця 2.

Класифікація станції в залежності від інтенсивності та тривалості відкладення [13]

Клас обледеніння станції (Sn)	Кількість днів з обледенінням на рік	Повторюваність обледеніння будь-якого типу, %/рік	Інтенсивність обледеніння, г/100 см ² /год.	Ступінь обледеніння
S5	> 60	> 20	> 50	важке
S4	31 - 60	10 - 20	25	сильне
S3	11 - 30	5 - 10	10	помірне
S2	3 - 10	< 5	5	слабке
S1	0 - 2	0 - 0,5	0 - 5	випадкове

За даними, що використовуються в даній роботі, можна розрахувати перші два фізичних параметри від яких залежить клас обледеніння станції Sn (кількість днів з обледенінням на рік та повторюваність обледеніння). Останній параметр можна оцінити лише опосередковано за емпіричною формулою з наступних міркувань. В хмарах та туманах густина потоку F є добутком масової концентрації крапель води (вмісту рідкої води у повітрі) P_{lws} , та швидкості вітру V . Отже, інтенсивність осадження крапель води на об'єкт, що має площу поперечного перерізу відносно напрямку вітру A , можна отримати з формули [9; 12; 13]:

$$\frac{dM}{dt} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \cdot \rho_{lwc} \cdot V \cdot A , \quad (1)$$

де $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — корегуючі множники (змінюються в межах від 0 до 1), які враховують процеси, що зменшують інтенсивність обледеніння за інших рівних умов: α_1 — ефективність (продуктивність) зіткнення; α_2 — ефективність (продуктивність) зчеплення; α_3 — ефективність (продуктивність) нарощування наліпу.

Отже, оцінивши емпіричні коефіцієнти та проінтегрувавши рівняння (1), можна отримати наступну формулу [12] для оцінки інтенсивності осадження паморозі в $\text{кг}/\text{м}^2/\text{год.}$:

$$M = 0,11 \cdot V \cdot T , \quad (2)$$

де M — інтенсивність осадження паморозі, $\text{кг}/\text{м}^2/\text{год.}$, V — швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$; T — час, заданий у годинах. Для того, щоб перевести це значення у $\text{г}/100\text{см}^2/\text{год.}$ необхідно помножити чисельне значення M в $\text{кг}/\text{м}^2/\text{год.}$ на 10.

Емпіричну формулу (2) здобуто саме для інтенсивності осадження паморозі, проте зрозуміло, що для визначення потенційної небезпечності обледеніння досить оцінити інтенсивність наростання паморозі, оскільки для ожеледі інтенсивність внаслідок більшого діаметру крапель води буде, ще більшим.

Найбільша повторюваність (більше 60 %) швидкостей вітру при ожеледно-паморозевих явищах припадає на інтервал 1-3 $\text{м}/\text{с}$. Для кожної станції можна оцінити швидкість вітру, як середнє зважене значення.

Для того, щоб отримати клас обледеніння станції необхідно визначити кількість днів з обледенінням на рік та повторюваність обледеніння будь-якого типу. Повторюваність визначатимемо, як середнє значення з відношення кількості годин, в які спостеріга-

лось нарощування ожеледно-паморозевого відкладення до загальної кількості годин у році в місяцях з листопада по березень (місяці, в які утворення ожеледно-паморозевого відкладення та снігового наліпу, є ймовірним) (табл. 3).

Таблиця 3.

Зведена таблиця для станцій Одеського регіону
з оцінки класу обледеніння станції

Станція	Кількість днів з обледенінням на рік	Повторюваність обледеніння будь-якого типу, %/рік	Інтенсивність обледеніння, г/100 см ² /год.	Клас обледеніння станції
Затишся	10,1	0,169	2,75	S2, S1, S1
Любашівка	13,3	0,181	3,30	S3, S1, S1
Одеса	6,2	0,068	3,85	S2, S1, S1
Роздільна	8,8	0,129	2,31	S2, S1, S1
Сербка	6,5	0,070	1,43	S2, S1, S1
Б-Дністровський	5,2	0,074	3,85	S2, S1, S1
Болград	11,2	0,119	2,42	S3, S1, S1
Іллічівськ	3,8	0,056	6,27	S2, S1, S2
Ізмаїл	6,5	0,131	3,08	S2, S1, S1
Сарата	11,8	0,131	1,21	S3, S1, S1
Вилкове	3,8	0,042	2,20	S2, S1, S1

Зі зведеної табл. 3 можна бачити, що за повторюваністю обледеніння всі станції можна однести до одного й того самого класу S1 (ожеледно-паморозеві явища спостерігаються зрідка), за кількістю днів всі станції розподілились між класами S2 та S3, а за інтенсивністю обледеніння всі станції, окрім Іллічівська, було віднесено до класу S1 (тобто інтенсивність обледеніння є низькою). Ці середні характеристики показують, що в Одеському регіоні спостерігається помірна кількість днів на рік з ожеледно-паморозевими явищами низької інтенсивності. Проте зрозуміло, що в поодиноких випадках ожеледно-паморозеві відкладення та сніговий наліп можуть створювати великі навантаження на поверхні, що є відкритими для впливу атмосферного повітря. Оскільки на усіх станціях Одеського регіону спостерігаються випадки, в яких тривалість обледеніння сягала 40-50 годин, а за такої тривалості, навіть при невеликій інтенсивності наростання льоду або снігу, можливі випадки, що призводять до суттєвих збитків. Повторюваність цих явищ складає 1-2 випадки на 10 років.

Для того, щоб мати уявлення про те, до яких збитків може призвести ожеледно-паморозеве відкладення або сніговий наліп, має сенс оцінити такий параметр, як показник ризику. Цей коефіцієнт розра-

ховують як відношення тривалості зберігання відкладення або наліпу до тривалості фази наростання відкладення. Чим більшим є цей коефіцієнт, тим більшим є ризик, що прилад може не витримати ожеледного або снігового навантаження. В табл. 4 наведено середній та максимальний показники ризику для станцій Одеського регіону.

Таблиця 4.

Середній та максимальний показники ризику
для станцій Одеського регіону

Показник ризику	Затишша	Любашівка	Одеса	Роздільна	Сербка	Б-Дністрівський	Болград	Іллічівськ	Ізмаїл	Сарага	Вилкове
Середній	2,5	2,6	2,3	3,0	4,6	3,6	2,4	3,3	2,8	1,9	3,3
Максимальний	22,0	29,0	8,3	5,8	40,0	19,0	30,0	17,0	35,0	18,3	14,0

Якщо врахувати, що у приблизно 60 % випадків тривалість зростання відкладення припадає на інтервал до 6 годин, а у приблизно 90 % — на інтервал до 15 годин, то у 40 та 10 % випадків тривалість збереження наліпу сягатиме принаймні 12 та 30 годин відповідно.

З аналізу табл. 3, 4 можна бачити, що для ст. Затишша у 49,6 % випадків тривалість зберігання ожеледно-паморозевих відкладень може сягати 6 год. $\times 2,5 = 15$ год. та більше, а у 14,9 % випадків — 15 год. $\times 2,5 = 37,5$ год. і більше. Тобто тривалість збереження ожеледно-паморозевих відкладень та снігових наліпів є досить великою і становить велику небезпеку для приладів, що знаходяться під впливом атмосферного повітря. Таким чином, на наш погляд при визначенні класу обледеніння станції замало використовувати лише такі характеристики, як кількість днів з обледенінням, повторюваність ожеледі та інтенсивності обледеніння. Необхідно враховувати також показник ризику.

Температура та вітер

Однією з найважливіших характеристик при ожеледно-паморозевих явищах та сніговому наліпу є температура повітря у поверхні землі. Оскільки саме ця метеорологічна величина визначає характер явища, а таким чином і їх небезпечність. В роботі проаналізовано температуру повітря на момент початку явища та на момент досягнення відкладенням максимальної товщини. Аналіз виявив, що ожеледно-паморозеві явища найбільш часто пов'язані з незначними негативними ($-1,0 \div -0,1$ °C) температурами (рис. 1) — 12,4 % від загальної кількості випадків. Сніговий наліп спостерігається най-

частіше при незначних позитивних температурах ($0,0 \div 0,9 \text{ }^\circ\text{C}$) — 3,6 % випадків від загальної кількості випадків. Для ст. Сербка є нехарактерними позитивні температури при ожеледно-паморозевих явищах та снігових наліпах (усього 1 випадок). В загалі, ожеледь на всіх станціях може спостерігатись при температурах не нижчих за $-10,0 \text{ }^\circ\text{C}$ та не вище за $1,9 \text{ }^\circ\text{C}$, що відповідає результатам, отриманих у роботах [4-7; 10] за замерзаючими опадами (тобто опадами, які утворюють ожеледь).

Температури при кристалічній та зернистій паморозі можуть досягати набагато нижчих значень, ніж при ожеледі, до $-22,0 \text{ }^\circ\text{C}$, що підтверджуються результатами іноземних досліджень [8]. Найбільша кількість випадків (104 — 10,0 % від загальної кількості випадків) для зернистої паморозі припадає на інтервал від $-6,0$ до $-4,1 \text{ }^\circ\text{C}$, а для кристалічної паморозі такого вузького інтервалу з найбільшою повторюваністю не виявлено: найбільша частина всіх реєстрацій цього явища відбувається в межах від $-16,0$ до $-4,1 \text{ }^\circ\text{C}$ (12,1 % від загальної кількості випадків). Снігові наліпи, зазвичай спостерігаються в інтервалі температур $-2,0 \div 1,9 \text{ }^\circ\text{C}$, і тільки на станції Сербка снігові наліпи можуть спостерігатись при досить низьких температурах до $-16,0 \text{ }^\circ\text{C}$, проте це лише один випадок, і його не можна вважати показовим. Зазвичай для мокрого снігу метеорологічні параметри змінюються в дуже невеликих межах [8].

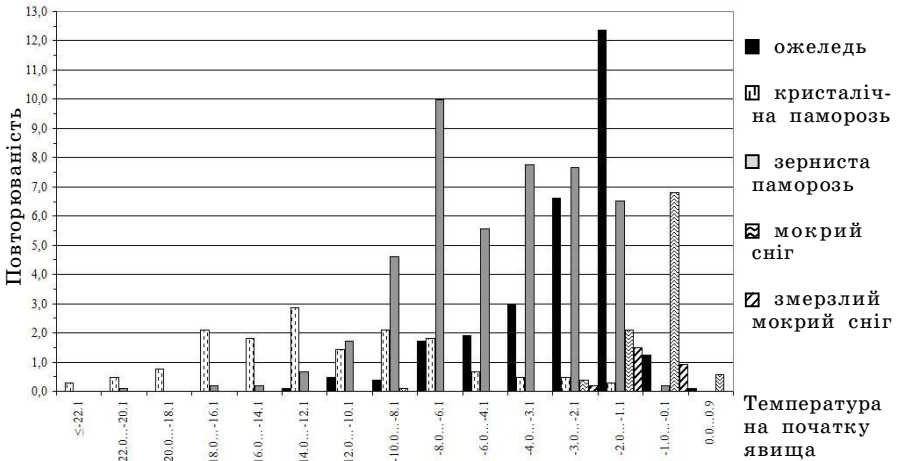


Рис. 1. Розподіл повторюваності температури повітря на початку ожеледно-паморозевих явищах та наліпів

Температура повітря при досягненні ожеледно-паморозевими та сніговими наліпами максимальних розмірів змінюється в тих самих межах, що і температура повітря на початку цих явищ. Найчастіше температура під час наростання явища збільшується або залишається на тому ж рівні.

В останніх дослідженнях [9; 13] було відзначено, що тип ожеледно-паморозевих відкладень та снігового наліпу є залежним від такої пари метеорологічних характеристик як температура та швидкість вітру, тому для кожного типу наліпу (в незалежності від станції) було побудовано графіки, на яких тип відкладень було представлено як функцію температури повітря та швидкості вітру (рис. 2). Оскільки впродовж нарощування ожеледних відкладень температура повітря та швидкість вітру практично не змінюються, то графіки було побудовано лише на момент початку відкладення.

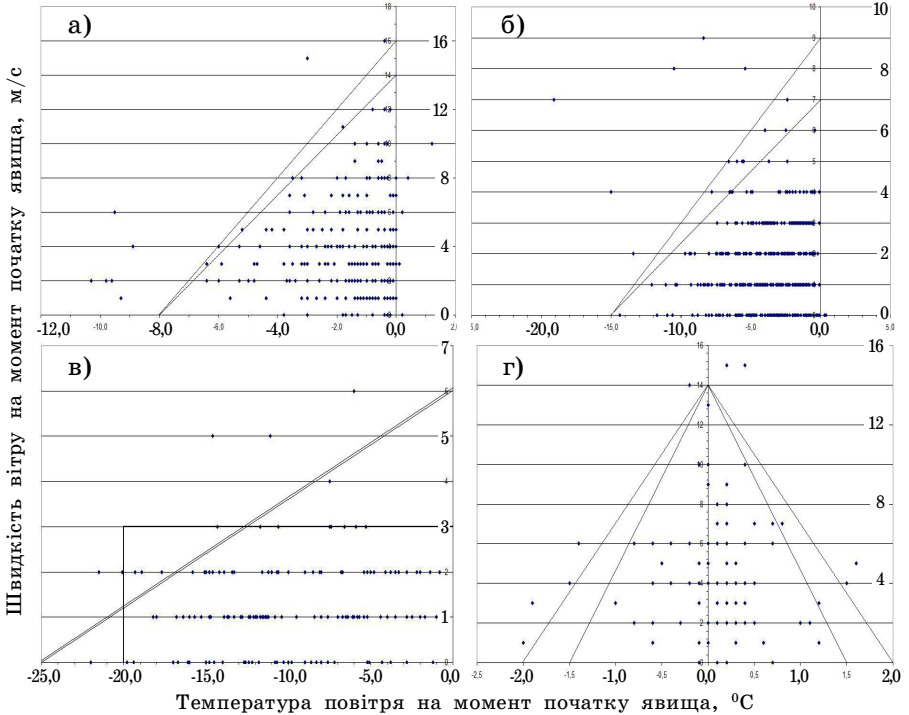


Рис. 2. Типи відкладень як функції температури повітря та швидкості вітру: а) ожеледь; б) зерниста паморозь; в) кристалічна паморозь; г) мокрий сніг

Проаналізуємо побудовані функціональні залежності для ожеледі та зернистої паморозі. Як можна бачити (рис. 2-а) основна маса випадків ожеледі припадає на досить вузькі інтервали $0,0 \div -8,0$ °C по температурі та $0 \div 14$ м/с по швидкості вітру. Відкладення зернистої паморозі, в основному, припадають на інтервали $0,0 \div -15,0$ °C по температурі та $0 \div 7$ м/с по швидкості вітру (рис. 2-б). Тобто інтервал для швидкості вітру в два рази звузився у порівнянні з ожеледдю, а температурний інтервал — навпаки в два рази розширився. Така тенденція лишається для зернистої паморозі впродовж всього часу наростання відкладення.

На момент початку відкладення кристалічної паморозі основна частина випадків припадає на прямокутну область, що окреслюється ізотермами $0,0$ і $-20,0$ °C та ізогонами 0 і 3 м/с (рис. 2-в). Для кристалічної паморозі спостерігається явище, що є нетиповим для всіх інших типів відкладень, — зміна інтервалів температури та швидкості вітру впродовж наростання відкладення, а також зміна форми області, в яку припадає основна кількість випадків (цю область окреслено подвійною лінією, хоча самі дані по температурі та вітру при досягненні відкладенням максимального розміру на рисунку не наведені). З рис. 2-в можна бачити, що по температурі діапазон розширився до $-25,0$ °C, а по швидкості вітру — до 6 м/с.

Для змерзлого мокрого снігу не наведено функціональної залежності від температури та швидкості вітру в результаті малої кількості спостережень такого явища. Мокрий сніг (рис. 2-г) спостерігається у дуже вузьких температурних межах $-2,0 \div 2,0$ °C при швидкостях вітру до 10 м/с. Картина трохи змінюється впродовж налипання мокрого снігу: температура знижується до $-4,0$ °C, а швидкість вітру збільшується до 14 м/с.

Такі функціональні залежності можна використовувати з прогностичною метою для відокремлення областей «швидкість вітру - температура» для різних типів відкладень та наліпів.

Аналіз показав, що існує сильна кореляція між частотою появи ожеледно-паморозевих явищ і снігового наліпу та напрямком вітру. В роботі проаналізовано напрямок та швидкість вітру на момент початку явища (рис. 3).

В більшості випадків на ст. Одеса та Роздільна явища, що розглядаються, відмічаються при північному напрямку вітру (31 та 24 випадки відповідно). На ст. Затишшя домінуючим є вітер східних та південного напрямків (162 випадки, або 66,9 %). На

ст. Любашівка превалюючими для явищ, що розглядаються, є східних та північних напрямків (107 та 83 випадки, або 33,6 та 26,1 % відповідно). Для ожеледі характерним є вітер північного та східного напрямків для всіх станцій Одеського регіону (63,9 % випадків ожеледі). Більшість випадків паморозі обох видів припадає на вітер північних напрямків (25,5 % випадків паморозі), проте слід відзначити, що випадки зернистої паморозі розподілились практично порівну між усіма напрямками вітру. Для вітру при досягненні відкладеннями максимальних розмірів розподіл напрямків практично не змінюється, тобто з цього можна зробити висновок, що впродовж усього періоду наростання напрямків вітру залишається незмінним.

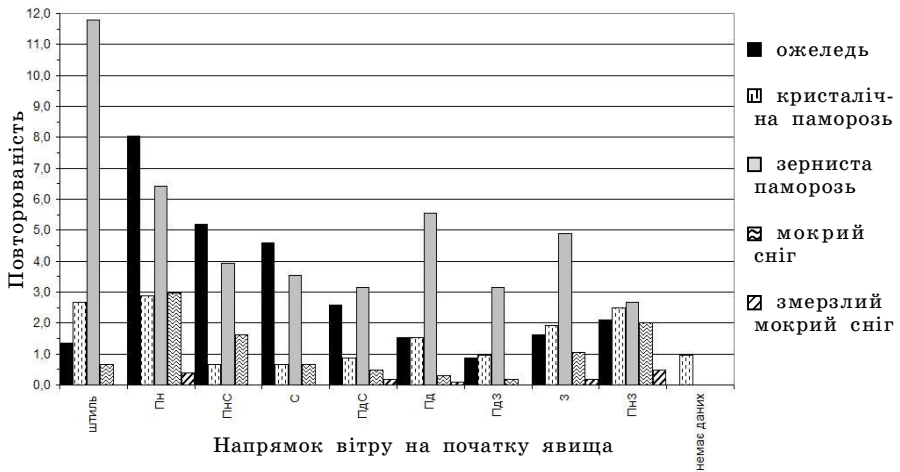


Рис. 3. Розподіл повторюваності напрямків вітру на початку ожеледно-паморозевих явищ та наліпу

Важливою характеристикою при ожеледно-паморозевих явищах та сніговому наліпу є також швидкість вітру. Оскільки швидкість вітру надає додаткове навантаження до навантаження, що здійснюється саме наліпом, памороззю або ожеледдю на лінії електропередач, і може призвести до аварій навіть при невеликій товщині відкладення. Ожеледно-паморозеві явища та сніговий наліп в Одеському регіоні, зазвичай пов'язані з невеликою швидкістю вітру: в усіх 1043 випадках швидкість вітру не перевищувала 15 м/с, окрім одного випадку на ст. Іллічівськ, коли швидкість вітру сягала 20 м/с. Найчастіше швидкість вітру не перевищує 10 м/с при ожеледно-паморозевих явищах та сніговому наліпу.

Найбільша товщина (до 40 мм) зернистої паморозі спостерігалась на ст. Любашівка. Найбільша кількість всіх випадків припадає на 1 мм на всіх станціях. Найбільша товщина та діаметр відкладень має місце для кристалічної та зернистої паморозі. Найбільша товщина та діаметр ожеледі (до 25 мм) спостерігались на ст. Роздільна та перевищували навіть товщину та діаметр для паморозі.

Висновки

1. Ожеледно-паморозеві явища та сніговий наліп в Одеському регіоні утворюються з листопаду по березень включно.
2. За розглянутий період на вказаних станціях було зафіксовано усього 1043 «простих випадків» ожеледно-паморозевих явищ та снігового наліпу. З шести типів відкладень, а саме ожеледь, кристалічна та зерниста паморозь, відкладення снігу, мокрого снігу та змерзлого мокрого снігу, на одинадцяти станціях, що розглядаються, найчастіше спостерігаються зерниста паморозь (45,1 % від загальної кількості випадків) та ожеледь (27,9 %), сухий сніг не відмічався жодного разу.
3. Тривалість зберігання відкладень в деяких випадках може сягати 160 год., а максимальна можлива тривалість наростання складає 50 год.
4. За повторюваністю обледеніння всі станції можна однести до одного й того самого класу S1 (ожеледно-паморозеві явища спостерігаються зрідка), за кількістю днів всі станції розподілились між класами S2 та S3, а за інтенсивністю обледеніння всі станції, окрім Іллічівська, було віднесено до класу S1.
5. В роботі запропоновано та оцінено показник ризику, що являє собою відношення тривалості зберігання відкладення або наліпу до тривалості фази наростання відкладення. Середній показник ризику для станцій Одеського регіону коливається в межах 1,9-4,6. Максимальний показник ризику (40,0) відзначається на ст. Сербка.
6. Ожеледь, як правило, пов'язана з температурами $-10,0 \div 1,0$ °C, з максимумом повторюваності в інтервалі $-1,0 \div -0,1$ °C (10,0 % від загальної кількості випадків). Зерниста та кристалічна паморозь спостерігаються при більш низьких температурах — до $-22,0$ °C. Сніговий наліп утворюється в досить вузьких температурних межах $-2,0 \div 1,9$ °C.
7. Для всіх типів відкладень спостерігається досить тісна функціональна залежність від температури повітря та швидкості вітру, окрім змерзлого мокрого снігу.

8. Ожеледь найчастіше має місце при північному та східному напрямках вітру (63,9 % випадків ожеледі). Більшість випадків паморозі обох видів припадає на вітер північних напрямків (25,5 % випадків паморозі), проте випадки зернистої паморозі розподілились практично порівну між усіма напрямками вітру.
9. Ожеледно-паморозеві явища та сніговий наліп в Одеському регіоні, зазвичай пов'язані з невеликою швидкістю вітру: в усіх 1046 випадках швидкість вітру не перевищувала 15 м/с. Основна кількість випадків припадає на інтервал 0-10 м/с.

Література

1. Раевский А. Н. О распространении гололеда на территории Украины // Тр. УкрНИГМИ. — 1961. — Вып. 29. — С. 50-62.
2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 702 с.
3. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. Климатическое пособие / Под ред. В. Н. Бабиченко. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 224 с.
4. Хоменко И. А. Режим замерзающих осадков в Одесском регионе // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. — 2002. — № 46. — С. 114-122.
5. Хоменко І. А. Режимні характеристики ожеледно-паморозевих явищ та снігового налипу на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2009. — № 4(8). — С. 77-83.
6. Шакина Н. П., Скриптунова Е. Н., Иванова А. Р. Анализ данных радиозондирования и данных наземных наблюдений по замерзающим осадкам в аэропортах Москвы // Метеорологія и гидрологія. — 2003. — № 6. — С. 40-58.
7. Шакина Н. П., Скриптунова Е. Н., Иванова А. Р. и др. Диагностические исследования и моделирование процессов циклогенеза, фронтогенеза и погодных условий на различных стадиях развития циклонов // Тр. Гидрометеорологического науч.-исслед. центра Российской Федерации. 2000. — Вып. 335. — С. 3-25.
8. Шакина Н. П., Скриптунова Е. Н., Иванова А. Р. Объективный анализ атмосферных фронтов и оценка его эффективности // Метеорологія и гидрологія. — 2000. — № 7. — С. 5-16.
9. COST 727: Atmospheric Icing on Structures Measurements and data collection on icing: State of the Art // ISSN: 1422-1381, Publication of MeteoSwiss, 75, 110 pp.
10. M. Farzaneh, Ed., Atmospheric Icing of Power Networks, Springer, Berlin, ISBN 9781402085307, August 2008, 320 p.

11. Fikke Svein M. Modern Meteorology and Atmospheric Icing. IWAIS XI, Monreal, June 2005.
12. Frohboese P., Steiniger M., Anders A. Ice Loads on Wind Turbines, 10 p., http://www.ewec2007proceedings.info/allfiles2/96_Ewec2007fullpaper.pdf
13. ISO 12494: Atmospheric icing of structures. ISO/TC 98/SC 3, 2000-07-20.
14. Khomenko I. A., Chakina N. P. Freezing precipitation in the Ukraine // Фізична географія та геоморфологія. — 2009. — № 57. — Р. 49-53.
15. Khomenko I. A. et al. Freezing precipitation in Russia and the Ukaraine. Advances in Geosciences, 10, 25-29, 2007.
16. Peabody A. B. Snow Loads on Transmission and distribution Lines in Alaska. 6th IWAIS, Budapest, Hungary, 1993.

Резюме

В данной работе проанализированы метеорологический условия образования и нарастания гололедно-изморозевых явлений и снежной наледи за период 1996-2007 гг. на примере Одесского региона.

Л. В. Недострелова

СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗПОДІЛУ СЕРЕДНЬОЇ ВИСОТИ СНІГОВОГО ПОКРОВУ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

За даними про середню висоту снігового покриву [1; 2] було розраховано статистичні характеристики даного розподілу: середнє арифметичне \bar{x} , середній квадратичний відхил S_x , коефіцієнт асиметрії As та коефіцієнт ексцесу E [3]. Результати даних досліджень представлено у табл. 1.

З аналізу отриманих статистичних характеристик можна зробити висновок, що середні значення середньої висоти снігового покриву змінюються у межах від 4,0 (ст. Вілкове) до 11,6 см (ст. Любашівка), середній квадратичний відхил — від 3,21 (ст. Білгород-Дністровський) до 8,75 см (ст. Любашівка). Коефіцієнти асиметрії та ексцесу мають додатні значення на всіх станціях Одеської області, що говорить про збільшення висоти снігового покриву від початку до кінця періоду дослідження.

За даними про середню висоту снігового покриву було розраховано диференціальний розподіл середньої висоти снігового покриву

на станціях Одеської області. Кількість випадків та відсоткове відношення представлено в табл. 2.

Таблиця 1.

Статистичні характеристики розподілу середньої висоти снігового покриву на території Одеської області

Станція	\bar{x} , см	S_x , см	As	E
Б-Дністровський	4,4	3,21	1,60	1,68
Болград	6,3	5,68	1,66	2,34
Вилкове	4,0	3,52	3,10	10,76
Затишся	8,2	8,16	1,49	1,52
Ізмаїл	5,8	4,58	1,63	3,01
Іллічівськ	5,7	4,35	1,40	1,64
Любашівка	11,6	8,75	0,88	0,14
Одеса	5,9	4,56	1,73	4,32
Роздільна	7,5	6,70	1,21	0,36
Сарата	4,5	3,43	1,70	2,42
Сербка	7,5	6,20	1,50	2,40

За даними про середню висоту снігового покриву було розраховано інтегральний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Одеської області. Інтегральний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Одеської області представлено в табл. 3. Аналіз інтегрального розподілу середньої висоти снігового покриву на станціях Одеської області (табл. 3) показує, що на станціях південної частини області (Б.-Дністровський, Вилкове, Сарата) у 90 % випадків висота снігового покриву складає 0-10 см, в Іллічівську та Одесі 90 % випадків припадає на висоту 0-15 см. У північній частині області висота снігового покриву може сягати 16-20 см у 25 % випадків.

Висновки. З аналізу отриманих статистичних характеристик можна зробити висновок, що середні значення середньої висоти снігового покриву змінюються у межах: ст. Білгород-Дністровський від 1,2 до 7,6 см; ст. Болград — 0,6-12,0 см; ст. Вилкове — 0,8-7,5 см; ст. Затишся — 0,0-16,4 см; ст. Ізмаїл — 1,2-10,4 см; ст. Іллічівськ — 1,3-10,1 см; ст. Любашівка — 2,8-20,4 см; ст. Одеса — 1,3-10,5 см; ст. Роздільна — 0,8-14,2 см; ст. Сарата — 1,1-7,9 см; ст. Сербка — 1,3-13,7 см.

Коефіцієнти асиметрії та ексцесу мають додатні значення на всіх станціях Одеської області, що говорить про збільшення висоти снігового покриву від початку до кінця періоду дослідження.

Таблиця 2.

Диференціальний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Одеської області

Інтервал, мм	Б- Дністр.	Болград	Вилкове	Затишшя	Ізмаїл	Іллічівськ	Любашівка	Одеса	Роздільна	Сарата	Сербка
Кількість випадків											
0 - 5	305	317	273	184	260	198	257	208	340	304	213
6 - 10	89	120	52	63	139	105	181	124	121	99	146
11 - 15	32	52	7	26	49	36	153	40	55	29	49
16 - 20	2	36	6	17	15	13	124	14	74	7	45
21 - 25	0	10	4	36	5	3	65	2	29	0	14
26 - 30	0	8	0	6	2	0	45	1	11	0	3
31 - 35	0	0	0	1	0	0	19	1	0	0	3
> 35	0	0	0	5	0	0	14	0	0	0	1
Відсотки											
0 - 5	71,0	58,0	80,0	54,0	55,0	56,0	30,0	53,0	54,0	69,0	45,0
6 - 10	21,0	22,0	15,0	18,0	30,0	30,0	21,0	32,0	19,0	23,0	31,0
11 - 15	7,5	10,0	2,0	8,0	10,0	10,0	18,0	10,0	9,0	6,0	10,0
16 - 20	0,5	7,0	2,0	5,0	3,0	4,0	14,0	4,0	12,0	2,0	10,0
21 - 25	0,0	2,0	1,0	11,0	1,5	1,0	8,0	0,4	4,0	0,0	3,0
26 - 30	0,0	1,0	0,0	2,0	0,5	0,0	5,0	0,3	2,0	0,0	0,4
31 - 35	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	2,0	0,3	0,0	0,0	0,4
> 35	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,2

Таблиця 2.

Інтегральний розподіл середньої висоти снігового покриву на станціях Одеської області

Інтервал, мм	Б-Дністр.	Болград	Вилкове	Затишшя	Ізмаїл	Іллічівськ	Любашівка	Одеса	Роздільна	Сарата	Сербка
0 - 5	0,53	0,28	0,52	0,19	0,34	0,35	0,13	0,33	0,23	0,49	0,23
6 - 10	0,91	0,62	0,86	0,43	0,75	0,77	0,33	0,74	0,53	0,89	0,55
11 - 15	0,93	0,81	0,89	0,64	0,90	0,91	0,56	0,89	0,75	0,93	0,78
16 - 20	0,93	0,86	0,89	0,77	0,92	0,92	0,74	0,91	0,85	0,93	0,87
21 - 25	0,93	0,87	0,89	0,82	0,92	0,92	0,84	0,91	0,87	0,93	0,89
26 - 30	0,93	0,87	0,89	0,83	0,92	0,92	0,88	0,91	0,87	0,93	0,89
31 - 35	0,93	0,87	0,89	0,83	0,92	0,92	0,89	0,91	0,87	0,93	0,89
> 35	0,93	0,87	0,89	0,83	0,92	0,92	0,89	0,91	0,87	0,93	0,89

Література

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — Вып. 3. — Ч. 1. — 301 с.
2. Недострелова Л. В. Особливості розподілу снігового покрыву на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2009. — № 4(8). — С. 100-106.
3. Гончарова Л. Д., Школьный С. П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навч. посібник. — К.: Міносвіти і науки України, 2007. — 464 с.

Л. В. Недострелова

ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ КІЛЬКОСТІ ДІБ ЗІ СНІГОВИМ ПОКРОВОМ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Для дослідження часового розподілу кількості діб зі сніговим покрывом використовувалися дані щоденних спостережень за сніговим покрывом на станціях Одеси та Одеської області за період 1996-2007 роки.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покрывом на ст. Білгород-Дністровський зображено на рис. 1. Найбільша тривалість залягання снігового покрыву спостерігається на початку 1996 року та в зимовий період 2002-2003 років і складає 59 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2001 року і складає 8 діб. Розподіл снігового покрыву у 2007 році також свідчить про те, що кількість діб зі снігом на ст. Білгород-Дністровський зменшується: 12 діб на початку і 11 діб у кінці року.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покрывом на ст. Болград зображено на рис. 2. Найбільша тривалість залягання снігового покрыву спостерігається в зимовий період 2002-2003 років і складає 81 добу, 1998-1999 рр. — 69 діб, 2001-2002 рр. — 65 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2007 року і складає 9 діб та на початку 2001 року — 14 діб.

На ст. Вилкове (рис. 3) спостерігається найбільша тривалість снігового покрыву у зиму 2002-2003 років — 62 доби, найменша — у 2001 році (8 діб) і 2007 р. (10 діб).

На станції Затишшя (рис. 4) період дослідження становить з 1996 по 2002 роки. Найбільша тривалість залягання снігового покрыву спостерігається у зимовий сезон 1998-1999 років і складає 106 діб, у зиму 1996-1997 років — 81 доба, 1999-2000 рр. —

67 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2001 року і складає 7 діб.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Ізмаїл зображено на рис. 5. Найбільша тривалість залягання снігового покриву спостерігається в зимовий період 2002-2003 років і складає 79 діб, на початку 1996 року — 55 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2001 та на початку 2007 років і становить — 7 діб відповідно.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Іллічівськ зображено на рис. 6. Найбільша тривалість залягання снігового покриву спостерігається на початку 1996 року і складає 78 діб, в зимовий період 2002-2003 років — 56 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2001 та в кінці 2007 років і становить — 7 діб відповідно.

На станції Любашівка (рис. 7) найбільша тривалість залягання снігового покриву складає 117 діб у зимовий період 1998-1999 років, у зиму 2002-2003 рр. — 102 доби, на початку 1996 року — 90 діб. Найменша тривалість складає 24 доби у зимовий сезон 2006-2007 років.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Одеса зображено на рис. 8. Найбільша тривалість залягання снігового покриву спостерігається на початку 1996 року і складає 69 діб, в зимовий період 2002-2003 років — 58 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2001 року і становить 11 діб.

На станції Роздільна (рис. 9) найбільша тривалість залягання снігового покриву складає 91 добу у зимовий період 2002-2003 рр., на початку 1996 року — 85 діб. Найменша тривалість складає 6 діб на початку 2001 року.

Часовий розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Сарата зображено на рис. 10. Найбільша тривалість залягання снігового покриву спостерігається в зимовий період 1998-1999 років — 60 діб, на початку 1996 р. і в зиму 2002-2003 рр. — 58 діб. Найменша тривалість залягання снігу має місце на початку 2007 та в кінці 2007 року і становить 7 діб відповідно, а також на початку 2001 року (11 діб).

На станції Сербка (рис. 11) найбільша тривалість залягання снігового покриву складає 75 діб на початку 1996 року, 64 доби на початку 2003 року. Найменша тривалість складає 6 діб на початку 2001 року.

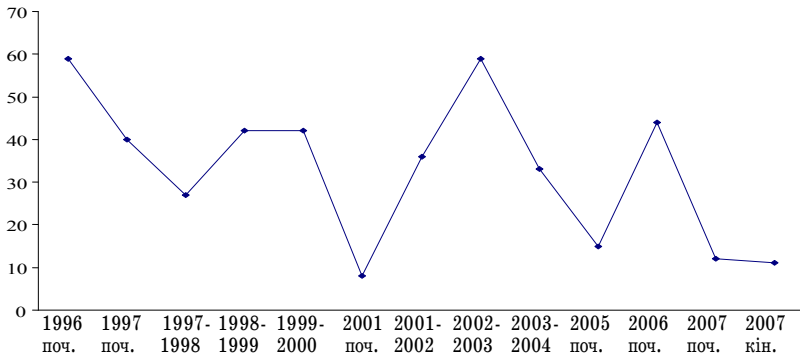


Рис. 1. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Б.-Дністровський (1996-2007 рр.)

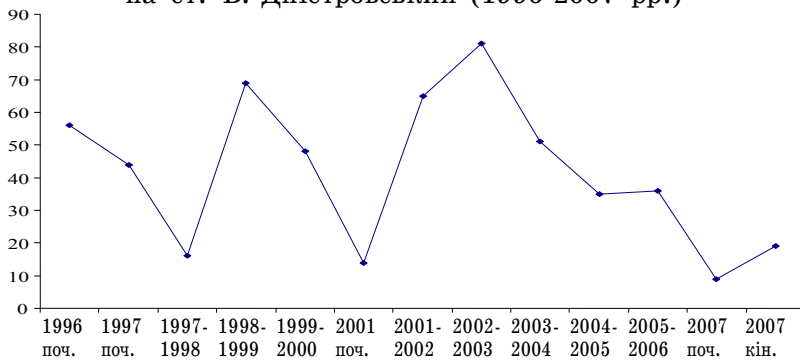


Рис. 2. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Болград (1996-2007 рр.)

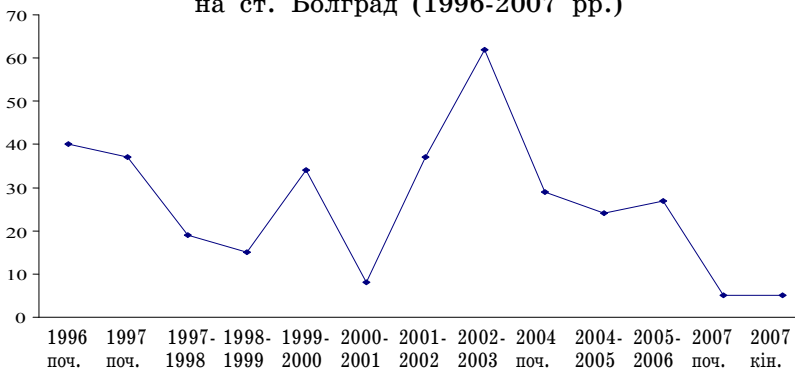


Рис. 3. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Вилкове (1996-2007 рр.)

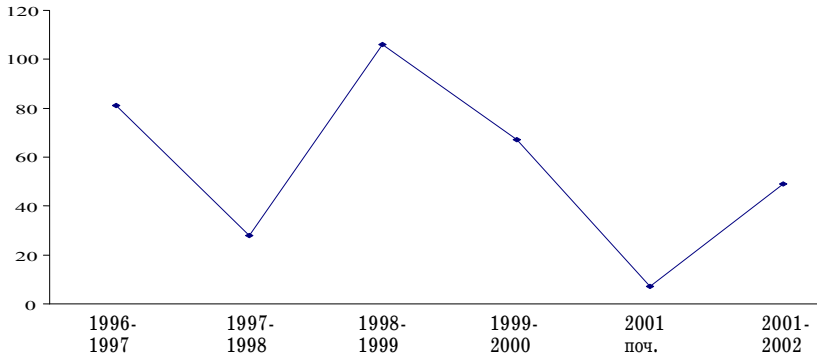


Рис. 4. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Затишся (1996-2002 рр.)

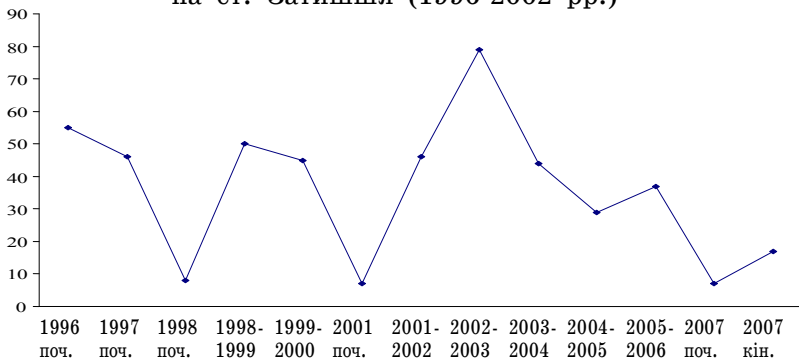


Рис. 5. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Ізмаїл (1996-2007 рр.)

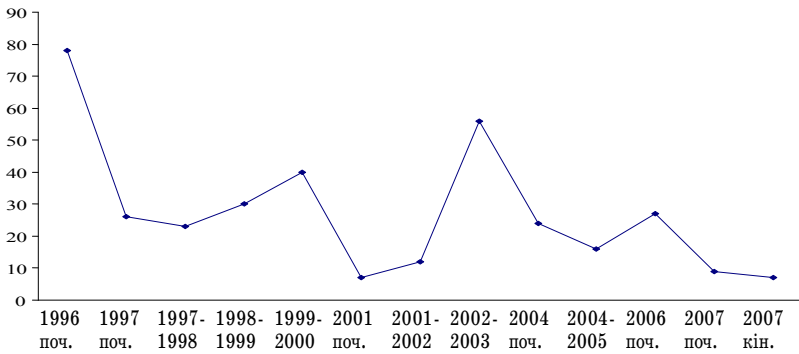


Рис. 6. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Іллічівськ (1996-2007 рр.)

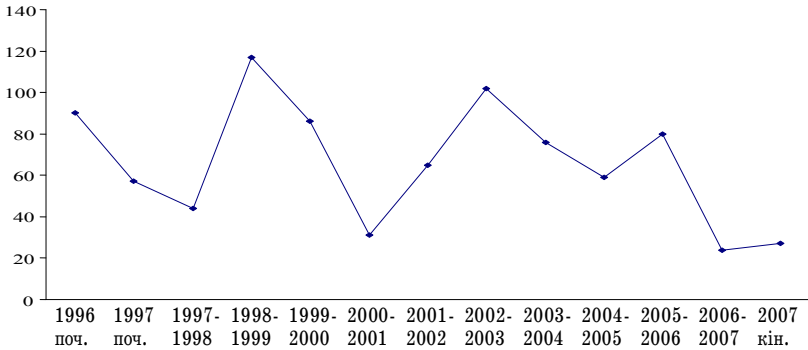


Рис. 7. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Любашівка (1996-2007 рр.)

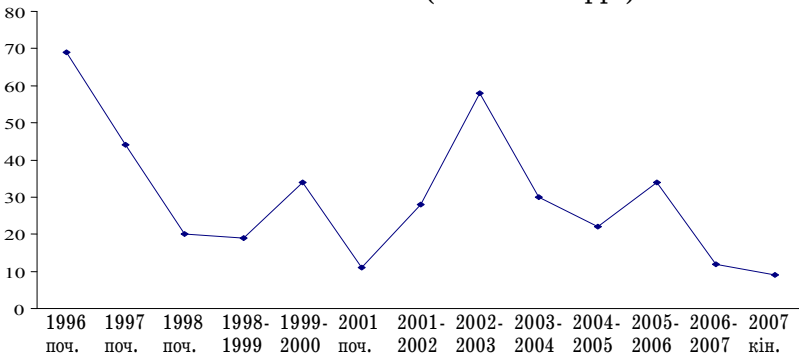


Рис. 8. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Одеса (1996-2007 рр.)

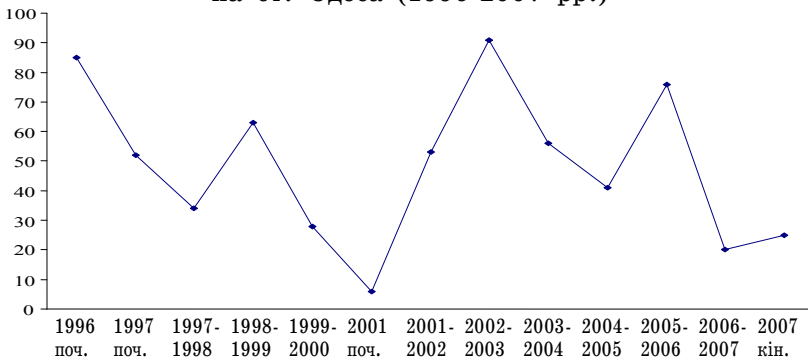


Рис. 9. Розподіл кількості діб зі сніговим покривом на ст. Роздільна (1996-2007 рр.)

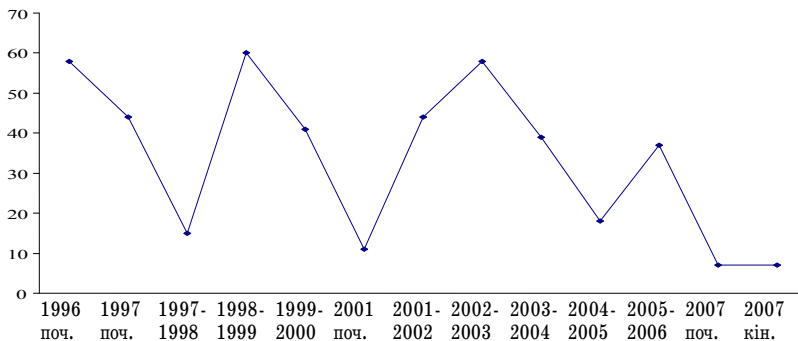


Рис. 10. Розподіл кількості днів зі сніговим покривом на ст. Сарата (1996-2007 рр.)

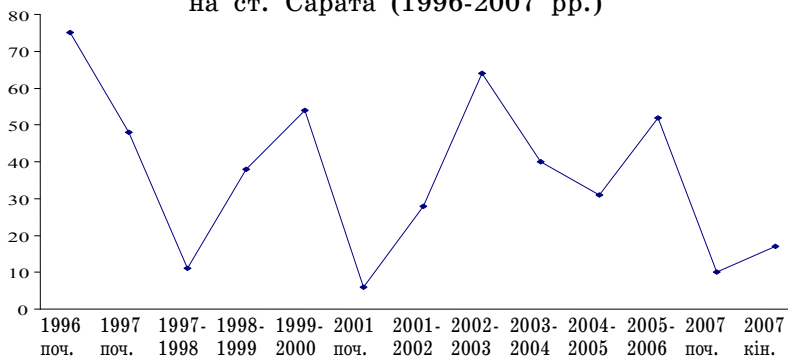


Рис. 11. Розподіл кількості днів зі сніговим покривом на ст. Сербка (1996-2007 рр.)

Висновки. Обробка та аналіз вихідних даних дали можливість охарактеризувати часовий розподіл снігового покриву на території Одеської області [1; 2]. З аналізу часового розподілу кількості днів зі сніговим покривом на станціях Одеської області можна зробити висновок, що найтриваліші зими спостерігалися у 1996 та 2002-2003 роках. Найкоротші зими мали місце у 2001 та 2007 рр. Неважко бачити, що період коливань найтриваліших і найкоротших зим складає 6 років.

Література

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — Вып. 3. — Ч. 1. — 301 с.
2. Недострелова Л. В. Особливості розподілу снігового покриву на території Одеської області // Вестник ГМЦ ЧАМ. — 2009. — № 4(8). — С. 100-106.

ИЗ ПРОШЛОГО ГРАДОЗАЩИТЫ

Сорок пять лет назад в Молдове, в одной из южных республик СССР, по инициативе института садоводства и виноградарства МСХ МССР, были начаты работы по воздействию на градовые облака. До 1976 года они носили опытный характер и проводились главным образом учеными ЦАО (Центральной аэрологической обсерватории из Долгопрудного, Россия) под руководством и с участием И. И. Гайворонского, Ю. А. Серегина, Г. С. Воронова, Б. Н. Лескова и других. В этот период разрабатывалась методика воздействия на градовые процессы и уточнялся механизм градообразования. Разрабатывались принципы организации противоградовых работ и подготовки кадров. Выдающаяся роль в организации противоградовых работ в Молдавии, тех времен, принадлежит начальнику Молдавской военизированной службы по борьбе с градом Диневичу Леониду Абрамовичу. Он с первых дней их основания заботился о широком внедрении по всей Молдавии достижений метеорологии в области практической помощи народному хозяйству в деле защиты его от капризов стихии.

В Молдавии градовые процессы постоянны и интенсивны. Площади поврежденных сельскохозяйственных культур нередко достигали, до градозащиты, 20 тыс. га. Большой вред приносят интенсивные ливневые осадки. Смываются молодые саженцы овощевых культур. Подтапливаются в низинах здания и дороги. Град разрушает крыши зданий, выбивает окна, а сильный шквалистый ветер градовых облаков ломает ветки фруктовых деревьев и обрывает линии электропередач. Молдавская служба по активному воздействию на атмосферные процессы защищала более 2 млн. га сельскохозяйственных культур. Это, в основном, сады, виноградники, овощи, табак и прочие очень рентабельные культуры. Это была самая крупная Служба в СССР. В ее состав входили 18 противоградовых отрядов с командными пунктами (КП) с радиолокационными станциями, радиостанциями, с опытным инженерно-техническим персоналом, бойцами ракетных пунктов, с транспортом, со служебными и жилыми зданиями на базах отрядов, с квартирами для специалистов в райцентрах и Кишиневе и многое другое, необходимое для обеспечения совершенно нового дела.

В каждом отряде действовали пункты ракетного воздействия, с пусковыми установками, радиостанциями и запасом противогра-

довых ракет. Защищаемая территория (ЗТ), например, Каларашского противоградового отряда составляла 150 тыс. га. На территории размещались 15 пунктов ракетного воздействия (ПРВ)

В теплый период года на КП, на базе отряда и на пунктах ракетного воздействия проводились непрерывные круглосуточные дежурства. На КП инженеры оперативной группы, во главе с руководителем воздействий, проводили радиолокационный обзор окружающего пространства в радиусе до 300 км ежедневно, а в случае обнаружения конвективных облаков — постоянно. На ракетных пунктах бойцы дежурной смены держали в готовности к работе пусковые установки и запас ракет типа «Облако», и ПГИ-М, ежедневно проводя связь с КП, а при появлении градовых облаков пусковые установки заряжались и связь с КП поддерживалась постоянно.

На ракетных пунктах размещались временные домики для работы и отдыха. Отдельно стоял домик для размещения и хранения противоградовых ракет. Укрытием служила довольно обширная, хорошо оборудованная землянка. В ней размещались радиостанция и пульта для дистанционного запуска ракет с любого ствола пусковых установок. С укрытия хорошо просматривались пусковые установки и старты ракет. В случае появления градоопасных облаков, на подступах к ЗТ отряда, на командном пункте работала оперативная группа в полном составе. На КП вызывались, в случае необходимости, руководитель группы ракетной техники, руководитель группы радиолокации, начальник радиостанции и дежурный синоптик. Руководитель воздействий, наблюдая на экране радиолокационной станции развитие облаков, принимал решение на подготовку отряда к воздействию на градоопасные облака.



Рис. 1. База Каларашского отряда

Перед воздействием на облака необходимо очистить воздушное пространство от воздушных судов. Запрашивалось у Aviации разрешение на стрельбы в определенном районе, и после его получения отряд начинал работать. На КП определялись места ввода реагента в надвигающиеся облака, вырабатывались команды на запуски ракет и по средствам связи передавались на ПРВ. Бойцы ракетных пунктов выставляли направляющие пусковых установок по указанному азимуту и углу стрельб и дистанционно, с укрытия, с помощью пультов выполняли запуски ракет, непрерывно поддерживая радиосвязь с руководителем воздействий. Руководитель группы ракетной техники на дежурной автомашине с грузом ракет выезжал на ракетные пункты для пополнения запасов ракет. Руководитель группы связи следил за качеством радиосвязи и в любой момент был готов выезжать на пункты с резервными радиостанциями и аккумуляторами. Дежурный синоптик корректировал прогноз и давал рекомендации по погоде на ближайшие часы.

В семидесятых годах XX столетия, в Молдавии сложилась своя школа воздействия на градовые процессы во главе с заместителем начальника Службы Спасибо Владимиром Васильевичем, начальником отдела воздействия Шилиным В. С. Много сделали для развития Каларашского отряда командир отряда Крамаренко Д. Я. и руководитель группы воздействия Симонов Ю. Под их руководством Каларашский отряд занимал в Службе всегда призовые места по результатам работы в каждом сезоне градозащиты.

В качестве примера, приведу ход одного воздействия на градоопасные облака, проведенного Каларашским отрядом 2 июля 1977 года. Вот протокол воздействия: Синоптическая ситуация в этот день складывалась в пользу интенсивного развития конвективной облачности. Территория Молдавии находилась в тыловой части циклона с центром над Астраханью. Через Киев на Одессу проходил холодный фронт с волнами, который и оказывал влияние на погоду Молдавии. Направление ведущего потока — северо-восточное со скоростью 30-40 км/ч. По южным районам ЗТ Службы на высоте 10 км наблюдалось струйное течение со скоростью 90 км/час. Прогностический уровень конвекции на 15 часов составлял 10,5 км; а средняя энергия неустойчивости — 4 градуса. Уровни изотерм 0, -6, -10 °C располагались соответственно на высотах 3,1; 4,1 и 4,8 км.

Первые зоны отражения были обнаружены на востоке от ЗТ отряда на удалении 50-85 км в 08 ч. 30 мин. К 12.30 под влиянием фронта стали появляться зоны и над ЗТ, причем они имели

небольшой по времени жизненный цикл и развивались до 7,5-8 км по высоте. Смещались они на юг со скоростью 30 км/ч. В 18.20 в районе ПРВ-16 был обнаружен крупнокапельный очаг (ККО), параметры которого были градоопасными. Было запрошено с 19.45 разрешение на работу. Тем временем параметры этого ККО стали падать, а ПРВ-16 отмечал выпадение интенсивных ливневых осадков. Одновременно с Лозовского отряда через ПРВ-3 Корнештского отряда смещалась новая зона отражения, в которой просматривалось 2 ККО, первый из которых был в градоопасной стадии развития. Руководителем воздействия была передана просьба Авиации об ускорении получения разрешения на работу, что не осталось без внимания и работу разрешили на 30 минут раньше, т.е. с 19.15. К этому времени зона отражения прошла уже ЗТ Корнештского отряда и находилась в районе ПРВ-13. Второй ККО в 19.13 объединился с вновь образованным третьим ККО (рис. 2).

Новая ячейка (четвертая) стала резко развиваться и уже через минуту параметры ее составляли: $H_z = 6,0$ км, при $lgz = 4,5$; $H_{вг} = 12,0$ км и вероятности выпадения града, $P = 100$ %, в то время, как параметры второго и третьего ККО не превышали значения $H_{вг} = 9-10$ км. С ПРВ-13 началась интенсивная обработка этой ячейки. По мере смещения четвертого ККО на юг в обработке его принимали участие ПРВ-11 и ПРВ-12. Только через 39 минут после начала воздействия в результате интенсивной обработки наметился спад параметров: $H_z = 5,0$ км, при $lgz = 5,0$, $H_{вг} = 11,0$ км и $P = 100$ %. Еще через 10 минут, значения параметров упали до $H_z = 3,0$ км, при $lgz = 4,2$ и $H_{вг}$ до 10 км. Ячейка стала рыхлой, увеличилась по площади, в ней появились просветы, что свидетельствовало о ее распаде. При прохождении через ПРВ-12, КП и ПРВ-11 отмечались интенсивные ливневые осадки. Всего в этот ККО было запущено 11 ракет «Облако» и 40 ПГИ, т.е. при среднем значении объема ККО около 100 км^3 было внесено 66,1 кг реагента PbJ_2 , или по $0,66$ кг на 1 км^3 . Первый же ККО, смещавшийся с очень градоопасными параметрами, после запуска в переднюю его часть одной ракеты «Облако» стал быстро распадаться и дальнейшей обработке не подвергался.

В 19.37 в этой зоне был обнаружен новый, пятый ККО, находящийся в стадии развития. Его параметры составляли $H_z = 3,5$ км при $lgz = 3,7$, $H_{вг} = 11,0$ км и $P = 100$ %. Он был своевременно обработан с ПРВ-12 восемью ракетами ПГИ. Через 4 минуты значения параметров этой ячейки стали уменьшаться, и дальнейшая обработка ее была прекращена.

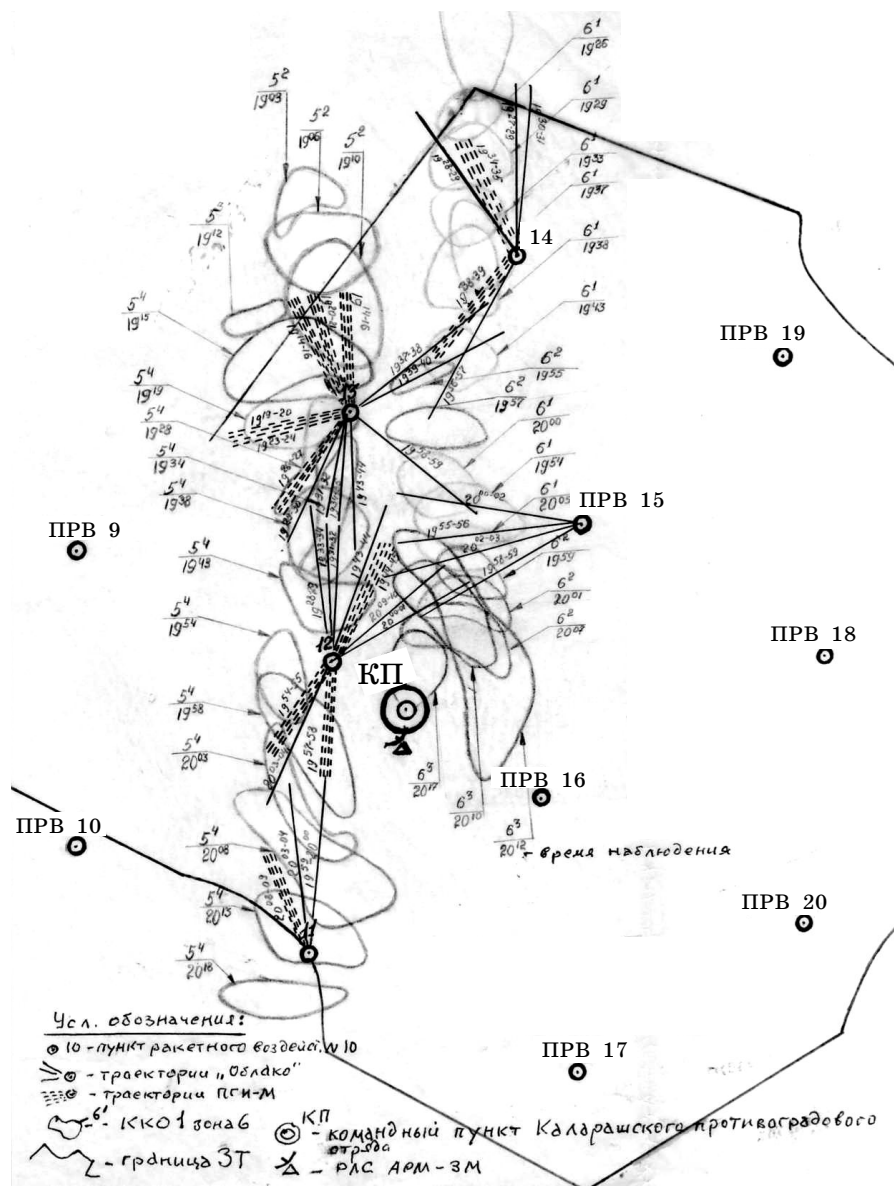


Рис. 2. Планшет воздействия на градовые процессы за 2 июля 1977 г.

Всего в пятую зону на обработку трех из пяти ККО было израсходовано 72,2 кг реагента, т. е., в среднем по 24,07 кг на один ККО. Несмотря на высокие значения параметров, благодаря своевременной и достаточно интенсивной обработке выпадение твердых осадков из этой зоны не отмечалось.

Шестая зона смещалась также с территории Лозовского отряда на расстоянии 7-10 км, восточнее 5-й зоны и с 5-минутным интервалом. Первоначально в ней прослеживался один ККО площадью 25 км² и в 19.20 значения параметров его составляли: $H_z = 5,5$ км, при $lgz = 4,0$, $H_{вг} = 8,0$ км и вероятность выпадения града $P = 65$ %. Смещался он также с севера на юг со скоростью 33 км/ч. Ячейка находилась в стадии развития, и уже на 6-й минуте $H_{вг}$ достигло 10 км и вероятность выпадения града из нее составляла 100 %. Поэтому, в течение 3-х минут в эту ячейку было запущено 3 ракеты «Облако». Через три минуты вероятность выпадения града снизилась до 60 %. ККО находился над ПРВ-14, который сообщил о выпадении интенсивных ливневых осадков. Но так как шестая зона смещалась почти по траектории смещения пятой зоны, из которой выпали значительные осадки, а температура воздуха у земли оставалась высокой, около 25 градусов, то имелась возможность для повторной регенерации. Тем более нельзя было не учитывать орографии местности. Всплеск значений параметров приходился на повышение до 320 м форм рельефа, а их падение — на понижение форм рельефа до 80-60 м. В 19.37, через 6 минут после снижения параметров, произошел новый рост параметров: $H_z = 5,0$ км, при $lgz = 4,1$, $H_{вг} = 10,0$ км и $P = 100$ %. В это время ККО был обработан 2 ракетами «Облако» и 9 малыми ракетами ПГИ, что вторично привело к частичному разрушению ячейки. Примерно в это время, на землях совхоз-завода «Коммунист» Каларашского района отмечалось выпадение крупы с сильным ливневым дождем. Повреждений от града обнаружено не было. Для вторичной регенерации понадобилось уже вдвое больше времени, чем в первом случае, причем произошло образование еще одного ККО. Обе ячейки в 19.55 обладали очень высокими параметрами: $H_z = 6,0$ км при $lgz = 4,9$, $H_{вг} = 12$ км и $P = 100$ %. Поэтому они были обработаны четырьмя и тремя ракетами «Облако», после чего параметры обеих ячеек снизились и стабилизировались. Дальнейшая их обработка не проводилась. Надо отметить, что скорость смещения второго ККО была в два раза больше, чем

у первого ККО и составляла 65 км/ч. Третий ККО шестой зоны просуществовал недолго. В период его развития он был обработан одной ракетой «Облако» и через 7 минут стал быстро разрушаться. За 54 минуты воздействия было запущено в пятую и шестую зоны 25 ракет «Облако» и 57 малых ракет ПГИ-М, причем в течение 11 минут (с 19.43 по 19.54) обработка не проводилась. Практически каждую минуту производился один запуск ракеты, что свидетельствовало о высокой подготовленности бойцов ПРВ и слаженной работы командного пункта.

В итоге, 2 июля 1977 года Каларашский отряд наблюдал 7 зон отражения, из которых 2 зоны были обработаны. Несмотря на высокие начальные параметры облаков, град на защищаемой территории не отмечался. На прилегающей территории пятая и шестая зоны обострились, но с ними работали уже соседние отряды. Эффективность противоградовых работ Каларашского отряда в 1977 году составляла 82 %.

Со временем, причем очень быстро, пришли на вооружение отрядов новые многоствольные средства доставки реагента в облака, новые средства обнаружения градовых облаков, специальные двухволновые стационарные метеорологические радиолокационные станции, новые средства радиосвязи. Появилась новая терминология в оценке параметров градоопасных облаков. Появилась единая для всех Служб методика воздействия на градовые процессы. Появилась новая теория образования града. Появились книги, руководства, научные разработки и многое другое, позволяющее развивать и укреплять работы по управлению процессами осадкообразования. Ежегодно, специалисты отрядов проходили переподготовку в Высокогорном геофизическом институте, в столице Кабардино-Балкарии г. Нальчик, под руководством доктора физ-мат. наук Абшаева М. Т.

Мне посчастливилось работать в Молдавской Службе в качестве инженера группы воздействия, а затем и командира Каларашского отряда как раз в тот период, когда на командных пунктах в качестве руководителей воздействий и оперативных дежурных работали специалисты Службы, бывшие выпускники Одесского (ОГМИ) и Ленинградского (ЛГМИ) гидрометеорологических институтов, Казанского и Московского университетов, Харьковского института радиоэлектроники, Политехнических институтов и многих других вузов. На базе отряда, в Калараше, в сезон градозащиты собирались ученые с Москвы, Ленинграда, Риги, Киева, Харькова, Одессы,

Нальчика и Кишинева для отработки, как теоретических вопросов так и технических разработок, которые испытывались в Молдавской военизированной службе по борьбе с градом.

Литература

1. Абшаев М. Т., Бурцев И. И., Ваксенбург С. И., Шевела. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980.
2. Диневич Л. А. Активным воздействиям на гидрометеорологические процессы в Молдавии 20 лет. — Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1985.
3. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град. — Л.: Гидрометеоиздат, 1967.
4. Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1978.

УДК 551.524.3

Т. Е. Данова

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРОПОСФЕРЫ АРКТИКИ

Введение. Изучение Арктики позволяет увидеть перспективы климатических изменений в европейском регионе, а также понять, как будет меняться окружающая среда на нашей планете. Эти исследования носят не только фундаментальный характер, но имеют и немалое прикладное значение. Все это требует изучения динамики сложных процессов, происходящих в высоких широтах.

Формирование климата Северной полярной области (СПО) и Арктики неразрывно связано с формированием климата остальной части Земли, но отличается от него во многих отношениях. Основная причина такого отличия — уменьшение притока тепла от Солнца с увеличением широты, влияние которой ослабляется или усиливается внутренними термодинамическими процессами, протекающими как в климатической системе в целом, так и в полярной ее части. Формирование температурного поля в атмосфере происходит в результате сложного взаимодействия подстилающей поверхности, радиационных условий и циркуляционных процессов. При этом над американской и канадской Арктикой в тропосфере решающую роль оказывают теплые и холодные морские течения, охлаждающее влияние Гренландии и Северного Ледовитого океана и циркуляционный фактор [1; 2].

Американская и канадская Арктика очень обширна и разнообразна по своим физико-географическим условиям и характеру циркуляции. Следовательно, и вертикальное распределение температуры в атмосфере здесь неоднородно.

Исходные данные и методика исследования. Предоставленный, Вайомингским университетом, исходный материал является достаточно однородным и надежным. Использование его, на наш взгляд, может дать хорошие результаты. В настоящей работе использован массив данных радиозондирования атмосферы с января 1973 по декабрь 2008 г., за срок 0-12 ч. по гринвичскому времени для пяти российских и пяти аэрологических станций американской и канадской Арктики, расположенных севернее 60° с.ш. (рис. 1),

Таблица 1.

Координаты и высота над уровнем моря используемых станций

Станция	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Годы	Период лет
	Широта	Долгота			
Мурманск	68,98	33,11	121	1973-2008	36
Малый Кармакуль	72,36	52,70	19	1973-2008	36
Диксон	73,50	80,40	47	1973-2008	36
Тикси	71,58	128,91	7	1973-2008	36
Черский	68,40	161,20	8	1976-2008	33
Барроу (США)	71,30	-156,77	4	1973-2008	36
Кембридж-Бей (Канада)	69,10	-105,12	22	1977-2008	32
Инувик (Канада)	68,30	-133,48	61	1977-2008	32
Резольют (Канада)	74,72	-94,98	67	1977-2008	32
Эурека (Канада)	80,00	-85,93	11	1977-2008	32

Как известно, некоторая неоднородность первичных материалов обусловлена тем, что большинство стран применяют свои системы радиозондов, датчики которых имеют различную точность. Аэрологические данные вследствие этого могут быть не вполне сравнимы между собой. Чтобы избежать этого, мы использовали результаты наблюдений за период с 1973 г., когда радиационные ошибки для применяемых типов радиозондов были исключены, а, следовательно, значения температуры и характеристик влажности в стратосфере стали более сравнимы между собой, чем в предшествующие годы.

Определение характеристик влажности производилось для изобарических поверхностей 1000, 850, 700, 500, 400 и 300 гПа. Определение многолетних статистических характеристик температуры осуществлялось для изобарических поверхностей 1000-300 гПа по 12 месяцам для 10 опорных станций.

Результаты исследования и их анализ. Анализируются многолетние изменения температуры воздуха, относительной влажности и отношения смеси береговых станций Российской и Американской Арктики. Анализ проводился по среднегодовым значениям на изобарических поверхностях от поверхности земли до 300 гПа. Построены графики многолетних изменений исследуемых параметров тропосферы, проведено сглаживание исследуемых рядов. Для процедуры сглаживания рядов, использовались значимые периоды колебаний, которые были рассчитаны по программе SKR с вероятностью 68 % (табл. 2). Качественные и количественные характеристики трендов были определены по линейным трендам.

Анализ табл. 2 показал, что для всего побережья характерны 2, 3 и 6-летние периоды колебаний приземной температуры воздуха, 2 и 3-летние периоды колебаний отношения смеси и 3 и 4-летние периоды колебаний относительной влажности.

Максимальный рост температур на береговых станциях Американской Арктики наблюдается в основном у поверхности земли (ст. Барроу Резольют, Эурека) с максимумом на станции Барроу — 2,8 °С. Только на станциях Кембридж-Бей и Инувик максимальный рост отмечается на высоте 850 гПа. На станциях Кембридж-Бей, Инувик и Эурека за исследуемый период наблюдения определен незначительный, почти нулевой отрицательный тренд отношения смеси на всех изобарических поверхностях. И только на станциях Барроу Резольют отмечается рост значений отношения смеси до 400 гПа поверхности. Практически на всех станциях, за исследуемый период наблюдения, определен отрицательный тренд относительной влажности воздуха на всех изобарических поверхностях. Станции Кембридж-Бей, Резольют и Эурека характеризуются значительным падением относительной влажности — от 10-11 % в нижней тропосфере и до 15 % — в верхней тропосфере.

Максимальный рост температур на береговых станциях Российской Арктики наблюдается в основном у поверхности земли (ст. Диксон, Тикси, Черский) с максимумом на станции Черский (2,5 °С). Только на станции Мурманск максимальный рост отмечается на высоте 850 гПа (2,7 °С). На станциях Черский и Диксон за исследуемый период наблюдения определен незначительный, почти нулевой положительный тренд отношения смеси на некоторых изобарических поверхностях. И только на станциях Мурманск и Тикси отмечается рост значений отношения смеси с мак-

симумами у земли — 1,0 и 2,0 г/кг соответственно. Практически на всех станциях, за исследуемый период наблюдения, определен отрицательный тренд относительной влажности на всех изобарических поверхностях. Все станции характеризуются значительным падением относительной влажности от 2 % в нижней тропосфере и до 20 % в верхней тропосфере, за исключением станции Черский, где в нижней тропосфере наблюдается слабый рост значений.

Таблица 2.

Вертикальное распределение температуры воздуха, отношения смеси и относительной влажности воздуха на станциях

Станция	Высота	Температура		Отношение смеси		Отн. влажность	
		период	тенденция	период	тенденция	период	тенденция
1	2	3	4	5	6	7	8
Барроу	Земля	4,166	2,8	1,869	0,19	3,544	-5,8
	850	2,448	0,0	2,029	0,10	4,166	0,5
	700	2,448	0,2	2,029	0,14	4,166	-0,1
	500	4,166	0,2	-	0,40	2,729	1,4
	400	4,166	0,4	2,029	-0,65	1,869	0,7
	300	4,166	0,1	2,408	-1,40	1,958	1,4
Кембридж-Бей	Земля	3,676; 1,900	0,8	-	-1,80	-	-6,6
	850	3,676	1,0	-	-1,00	3,127	-7,6
	700	3,676	0,9	3,676	-0,80	3,676	-6,0
	500	3,676	0,7	2,408	-0,14	3,127	-4,5
	400	3,676	0,8	2,408	-0,60	3,127	-3,4
	300	3,676	0,2	2,918	-0,67	2,501	-15
Инувик	Земля	3,127	0,0	3,676; 2,000	-0,05	2,408	0,5
	850	5,663	0,3	3,676; 2,000	-0,03	3,127	-5,0
	700	3,127	0,2	1,958	-0,04	3,127	-5,8
	500	3,127	0,2	2,160	-0,03	3,676	-4,5
	400	3,127	0,2	3,676	-0,05	3,676	-5,0
	300	3,127	-0,1	2,501	-0,01	2,940; 1,900	-4,0
Резольют	Земля	3,676	1,2	2,408	0,27	3,127	-6,4
	850	3,676; 2,000	1,1	-	0,13	3,127	-6,7
	700	3,676; 2,000	0,9	3,127	0,09	3,127	-6,0
	500	3,676	0,8	2,408	0,01	3,127	-3,0
	400	3,676	0,8	2,408	-0,09	3,127	-3,0
	300	3,676	0,2	2,177	-0,01	2,940	-7,2
Эурека	Земля	1,958	1,6	-	-0,10	2,408	-10,0
	850	3,676; 2,160	0,8	1,958	-0,12	2,408	-11,0
	700	3,127	0,7	2,408	-0,08	2,408	-8,7
	500	3,127	0,5	1,958	-0,03	2,721	-3,0
	400	2,721	0,5	2,721	-0,04	2,721	-5,0
	300	2,721	-0,1	2,501	-0,02	2,940	-7,0
Мурманск	Земля	6,419	1,3	-	1,00	4,166	-2,0
	850	6,419; 1,900	2,7	4,166	0,41	3,083	-5,0
	700	2,219; 1,900	2,5	4,166	0,65	3,083	-5,0
	500	2,029	0,0	4,166	0,00	3,083	-8,0
	400	1,869	0,5	2,304	0,02	2,568	-10,0
	300	2,448; 1,900	0,2	2,710	0,00	3,186	-20,0

1	2	3	4	5	6	7	8
Малый Кармакуль	Земля	3,921	2,0	-	0,01	3,921	-3,0
	850	3,921; 1,900	2,0	2,568	0,08	2,088	-5,0
	700	1,910	1,0	2,902	0,09	2,304	-5,6
	500	2,088	2,1	2,088	-0,05	2,304	-3,9
	400	2,304	2,5	3,921	0,05	-	-2,3
	300	2,304	1,2	2,160	0,01	3,676	1,1
Диксон	Земля	3,335	2,1	1,910	0,30	3,335	-2,5
	850	3,335	1,5	1,910	0,10	2,088	-4,2
	700	3,335	1,0	1,910	-0,01	2,088	-6,7
	500	3,335	0,0	1,910	-0,02	3,921; 2,300	-7,0
	400	3,335	0,0	2,408	0,07	1,958	-10,6
	300	2,304	-0,9	1,960	0,07	1,960	-6,0
Тикси	Земля	1,869	1,9	2,029	2,00	4,166	-2,0
	850	1,869	0,9	3,083	0,01	2,448	-2,0
	700	6,419; 2,000	0,3	3,083	0,02	4,166; 1,900	0,0
	500	4,166; 2,000	0,2	4,166	0,00	2,448	-2,0
	400	1,869	0,2	1,869	0,00	4,166	-2,0
	300	4,166; 1,900	0,7	6,419	0,01	3,083	3,0
Черский	Земля	6,041; 1,910	2,5	3,921	0,30	3,335; 2,300	1,0
	850	6,041; 1,910	0,9	3,335	0,20	1,910	1,0
	700	1,910	0,1	3,921	0,10	1,910	0,0
	500	2,304	0,0	3,335	-0,10	3,921	-1,0
	400	2,304	-0,9	1,910	-0,10	3,921; 2,300	-3,0
	300	2,304	-0,7	2,160	0,02	3,127	-7,0

Далее было проведено зонирование станций по долготам — от 0 до 90° з.д. и от 90 до 180° з.д. Таким образом, мы искусственно разделили регион Американской Арктики на две части по 90° з.д. В зону 0-90° з.д. попала только одна станция Эурека, а в зону 90-180° з.д. — остальные четыре станции (рис. 1).

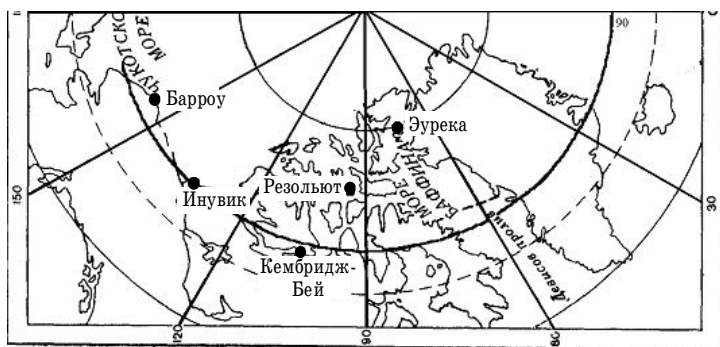


Рис. 1. Зонирование исследуемых станций Американской Арктики по долготам от 0 до 90° з.д. и от 90 до 180° з.д.

Зонирование побережья Американской Арктики вызвано, в первую очередь тем, что данные станции находятся в разных климатических условиях. Так, например станция Эureka находится в непосредственном соседстве с ледниковым щитом Гренландии, что оказывает сильное влияние как на температурно-влажностный режим, так и на характеристики периодов колебаний исследуемых параметров.

Было проведено зонирование станций Российской Арктики по долготам — от 0 до 90° в.д. и от 90 до 180° в.д. В зону 0-90° в.д. попали станции Мурманск, Малый Кармакуль и Диксон, а в зону 90-180° в.д. — Тикси и Черский (рис. 2).

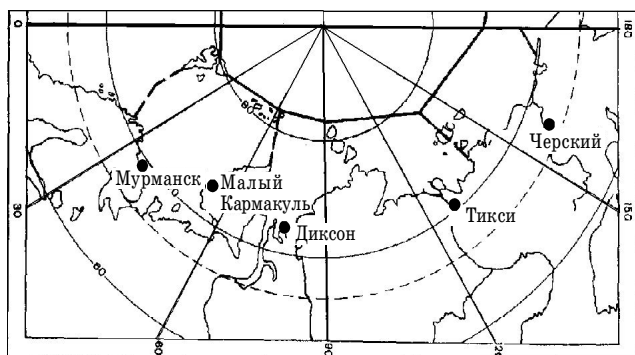


Рис. 2 Зонирование исследуемых станций Российской Арктики по долготам от 0 до 90° в.д. и от 90 до 180° в.д.

Проведенное зонирование Американского сектора Арктики позволило сделать предварительные выводы. В температурно-влажностном режиме главенствующая роль принадлежит, безусловно, температуре воздуха, именно после ее изменений, начинается первой реагировать отношение смеси, а позже — относительная влажность (сдвиг от одного до двух лет). Зонирование исследуемого района позволило выделить две зоны с разным температурно-влажностным режимом (табл. 3):

- зона 0-90° з.д. характеризуется двумя временными периодами: падения (1977-1993 гг.) и роста (1994-2008 гг.) исследуемых значений;
- зона 90-180° з.д. с 1977 по конец 1984 г. характеризуется падением значений исследуемых параметров атмосферы, в 1985-1998 гг. — ростом, а затем в 1999-2008 гг. — снова падением значений температуры воздуха и отношения смеси;

- анализ временных изменений показал, что приземная температура воздуха и отношение смеси в зоне 0-90° з.д. реагируют на изменения параметров в зоне 90-180° з.д. с опозданием на 8-9 лет. Причина такой задержки — соседство ледникового щита Гренландии;
- если эта тенденция сохранится и распространится на зону 0-90° з.д., то в недалеком будущем можно ожидать падения температуры воздуха на всем побережье Американской Арктики.

Таблица 3.

Карта динамики параметров атмосферы Американской Арктики

Зона	Год																														
	1977	1978	1979	1980	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Температура воздуха																															
90-180(0-90)	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
Отношение смеси																															
90-180(0-90)	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
Относительная влажность																															
90-180(0-90)	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Обозначения, принятые в табл. 2, 3: (↑) — сильный или умеренный рост значений параметра атмосферы; (↓) — падение значений параметра атмосферы; (/) — слабый рост значений параметра атмосферы; (\) — слабое падение значений параметра атмосферы.

Проведенное зонирование Российского сектора Арктики позволило сделать следующие выводы. В температурно-влажностном режиме главенствующая роль принадлежит, безусловно, температуре воздуха, именно после ее изменений, начинает первой реагировать отношение смеси, исключение составляет относительная влажность в зоне 0-90° в.д. (падение значений началось на два года раньше температуры воздуха). Зонирование исследуемого района позволило выделить две зоны с разным температурно-влажностным режимом (табл. 4):

- зона 0-90° в.д. характеризуется двумя временными периодами умеренного роста — 1973-1983(85)(89)гг. и слабого роста температуры воздуха и отношения смеси — 1986(90)-2008 гг., а также, слабого падения относительной влажности — 1984-2008 гг.
- зона 90-180° в.д. с 1973 по конец 2000 г. характеризуется сильным ростом приземной температуры воздуха, а затем в

2001-2008 гг. — умеренным ростом значений отношения смеси и падением значений температуры воздуха и относительной влажности воздуха.

Таблица 4.

Карта динамика параметров атмосферы Российской Арктики

Зона	Год																																				
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Температура воздуха																																					
90-180 (0-90)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
90-180 (0-90)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
Отношение смеси																																					
90-180 (0-90)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
90-180 (0-90)	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
Относительная влажность																																					
90-180 (0-90)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
90-180 (0-90)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Выводы. Все проведенные исследования свидетельствуют о возможном начале процесса понижения температуры в данном районе.

Литература

1. Климат полярных районов / Под ред. С. Л. Орвиг. — Л.: Гидрометеоздат, 1973. — 444 с.
2. Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв. / Под ред. Б. А. Крутского. — С-Пб.: Гидрометеоздат, 1991. — 200 с.

Резюме

У статті представлений аналіз термодинамічних параметрів тропосфери, які отримані в результаті радіозондування атмосфери за 32-36-річний період, для берегових станцій Російської та Американської Арктики, які розташовані на північ від 60° пн.ш. Зондування атмосфери Американського сектора Арктики дозволило виявити головуючу роль температури повітря в динаміці температурно-вологісного режиму тропосфери Арктики.

*Р. Р. Белевич, А. М. Буров,
И. П. Неверовский, М. И. Скипа*

**О СЕЗОННЫХ И МЕЖГОДОВЫХ КОЛЕБАНИЯХ УРОВНЯ
НА ПОБЕРЕЖЬЕ АНТАРКТИДЫ,
А ТАКЖЕ О ВОЗМОЖНОЙ РОЛИ ТАЯНИЯ ЛЬДОВ
В ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА**

Введение. Разномасштабные колебания уровня Мирового океана и отдельных его регионов играют важную роль в понимании глобальных процессов, происходящих на поверхности нашей планеты.

В последнее время в научной литературе и средствах массовой информации много внимания уделяется вопросам, волнующим все человечество, а именно возрастающей тенденции повышения уровня Мирового океана, которое обусловлено потеплением климата Земли [1; 2]. Считается, что основной причиной этого повышения является таяние материковых ледников Антарктиды, Гренландии, льдов Арктики, ледовых «шапок» горных вершин.

По данным экспертов ООН континентальные ледники Антарктиды, Гренландии, плавающие и припайные льды Северного Ледовитого океана в настоящее время тают быстрее, чем предполагалось ранее. По их мнению, если исчезнет значительное количество арктических льдов, то уровень Мирового океана угрожающе повысится, а это грозит миру экологической катастрофой.

В Антарктиде сосредоточено 90 % мировых запасов льда. Свыше 99 % ее территории покрыто льдом, средняя толщина которого свыше 1700 метров. За последние 50 лет температура воздуха на этом континенте возросла на 3 °С. В Арктике за последние 30 лет вообще потеплело на 5-6 °С. Отмечается, что если, в начале-середине XX в. толщина плавающих льдов, занимающих 9/10 площади Северного Ледовитого океана, составляла 4,5-4,0 м, то к началу XXI в. она уменьшилась на 40 %. Т. е. за 75 лет толщина их уменьшилась на 1,7 метра.

Довольно заметным поставщиком воды в Мировой океан является и о-в Гренландия, свыше 80 % территории которого занято покровным ледником со средней толщиной около 1500 м. Обращено внимание, что ежегодно у берегов Гренландии образуется 13-15 тыс. айсбергов.

К настоящему времени убедительно показано, что уровень Мирового океана в течение XX столетия повысился на 10-20 см [1; 2]. По нашим оценкам, основанным на обобщении данных

8 исследователей, занимавшихся этим вопросом [2], уровень Мирового океана в XX ст. за 100 лет повысился на 16,6 см. По прогнозу экспертов тенденция возрастания уровня увеличивается, и через 50 лет он может повыситься на 28-43 см. Вместе с тем, в некоторых литературных источниках отмечается, что никаких значительных тенденций в изменении площади морского льда в регионе Антарктиды не обнаружено [2].

В то же время хорошо известно о наличии в водах Антарктики вблизи Антарктиды большого количества дрейфующих айсбергов, отрывающихся от его припайного шельфа и, естественно, пополняющих воды Мирового океана. Вполне возможно, что здесь процесс таяния льдов происходит не за счет уменьшения площади припайного шельфа, а за счет уменьшения толщины самого ледового покрова материка.

Характеристика использованного материала, методика обработки. Представилось интересным в этой связи, имея в распоряжении сведения о среднемесячных колебаниях уровня на 8 прибрежных станциях Антарктиды (Permanent Service for Mean Sea Level, <http://www.pol.ac.uk/psmsl>), охватывающих примерно половину ее широтного кольца (между 64° з.д. и 111° в.д.), рассмотреть некоторые особенности сезонных и, главное, межгодовых колебаний этой характеристики, оценить тенденцию роста уровня и попытаться косвенно оценить количество растаявшего здесь льда, пополнившего воды Мирового океана. В табл. 1 приведены названия анализируемых станций побережья Антарктиды, их государственная принадлежность, координаты и продолжительность наблюдений. Кроме того, в ней приведены еще некоторые дополнительные сведения и данные, о сути которых будет сказано ниже.

Говоря о качестве данных рядов среднемесячных высот уровня на рассматриваемых станциях побережья Антарктиды нужно, к сожалению, признать в общем его недостаточно высоким. Длительность временных рядов наблюдений на станциях была довольно непродолжительной. Наблюдается большое количество пропусков наблюдений в их среднемесячных рядах. Примерно на трети станций имеются пропуски в среднемесячных данных, которые в процентном выражении от общего количества месяцев наблюдений колеблются в пределах от 9 до 29 % (табл. 1). На некоторых станциях наблюдались смещения нулей футштоков (ст. Сиова, ст. Аргентинские острова). Сомнение вызывает подобное и на ст. Алмиранте Браун.

Таблица 1.

Исследуемые станции побережья Антарктиды,
их координаты, период и продолжительность уровенных наблюдений,
коэффициенты тренда уровня станций за весь период и 11 лет,
и их разность со станцией Брест

Координаты		Период наблюдений, гг.	Продолжительность наблюдений, гг.	Количество пропусков наблюдений (мес.) от общего числа, %	Коэффициенты тренда уровня на станциях, мм/год						
					за весь период наблюдений			за 11 лет			
φ	λ				иссле- дуемая станция	станция Брест	разность иссле- дуемой станции и Брест	анализи- руемый период, гг.	иссле- дуемая станция	станция Брест	разность иссле- дуемой станции и Брест
65°15' ю.ш.	64°16' з.д.	1958- 2004	47	2,5	0,02	1,68	-1,66	1993- 2003	-1,11	4,41	-5,52
64°54' ю.ш.	62°52' з.д.	1966- 1980	15	9,0	0,89	-3,86	4,75	1970- 1980	-6,22	1,56	-7,78
62°29' ю.ш.	58°47' з.д.	1984- 1997	14	2,0	2,03	-3,40	-1,37	1987- 1997	1,55	3,48	-1,93
63°18' ю.ш.	56°55' з.д.	1962- 1978	17	29,0	-7,92	-1,41	-6,51	1968- 1978	-9,46	-3,93	-5,53
69°00' ю.ш.	39°34' в.д.	1978- 2001	24	0,3	-32,31	3,47	-35,78	1991- 2001	-14,30	7,56	-21,86
67°37' ю.ш.	62°53' в.д.	1993- 2003	11	2,0	3,09	4,41	-1,32	1993- 2003	3,09	4,41	-1,32
68°27' ю.ш.	77°58' в.д.	1993- 2003	11	2,0	2,34	4,41	-2,07	1993- 2003	2,34	4,41	-2,07
66°16' ю.ш.	110°31' в.д.	1996- 2002	7	12,0	0,76	6,83	-6,07	1996- 2002	0,76	6,83	-6,07

На ст. Эсперансе наблюдалось максимальное количество пропусков в рядах среднемесячных данных, которое составило 29 % от общего периода наблюдений, поэтому, приводимые по этой станции результаты расчетов следует рассматривать, как ориентировочные. В такой ситуации, прежде чем приступить к анализу материалов станций пришлось предварительно провести их технический и критический контроль. Единичные пропуски в рядах среднемесячных высот уровня были по возможности восстановлены, имеющимися в океанологии методами [4]. Скорректированы смещенные нули футштоков. Наиболее продолжительные и качественные (после корректировки) ряды среднемесячных высот уровня, по нашему мнению, имели место на ст. Аргентинские острова и ст. Сиова. Наиболее коротким был ряд наблюдений на ст. Кэйси. Заметим, что ст. Аргентинские острова с начала периода наблюдений (1958 г.) и до конца 1995 г. была известна еще как английская ст. «Фарадей». С 1996 г. она была передана Украине и известна сейчас под вторым названием, как ст. «Академик Вернадский».

С целью выявления роли таяния льдов Антарктиды в повышении уровня Мирового океана, в работе был применен известный в океанологии метод водного нивелирования [3], позволяющий исключать «ошибки», возникающие в уровенных наблюдениях при наличии в них дополнительных возмущений, обусловленных колебаниями суши. Метод позволяет также выявлять и оценивать вертикальные смещения самой прибрежной суши (эти «ошибки»). Именно по такому пути мы попытались пойти в дальнейшем при анализе межгодовых колебаний уровня на побережье Антарктиды. В данном случае мы исходили из предположения, что потеря Антарктидой определенного количества (объема) льда обусловила соответствующий подъем суши самого материка.

Результаты и их обсуждения

1. Сезонные колебания

Рассматривая сезонный ход уровня на 8 станциях побережья Антарктиды (табл. 2) отметим, что 4 первые из них располагались «кустом» в западном полушарии на небольшом расстоянии друг от друга (330x340 км) к западу от Антарктического полуострова в Тихоокеанском секторе Антарктиды. Самая восточная станция этого «куста» — «Эсперансе» располагалась на северной оконечности Антарктического полуострова. Остальные 4 станции Антарктиды, вне указанного «куста», располагались относительно равно-

мерно в восточном полушарии вдоль побережья ее атлантического и индоокеанского секторов.

Сведения о сезонных экстремумах в годовом ходе уровня и амплитудах его колебаний на анализируемых станциях Антарктиды приведены в табл. 2. Заметим, что в ней, наряду с расчетами времени наступления экстремумов при климатическом осреднении данных по месяцам за весь период наблюдений и за последние 11 лет (для возможного сопоставления), приведены также результаты расчета времени (даты и месяца), а также амплитуд, путем осреднения ежегодных экстремумов за весь период наблюдений (табл. 2).

Таблица 2.

Месяцы экстремумов и амплитуды в сезонном ходе уровня
Мирового океана на станциях Антарктиды

Станция	Климатическое осреднение								Осреднение по ежегодным экстремумам		
	среднее за период наблюдений				среднее за 11 лет				среднее за период наблюдений		
	период наблюдений, гг.	месяц		амплитуда, мм	11-летний период осреднения	месяц		амплитуда, м	число, месяц	мин	амплитуда, мм
max		min	max			min					
Аргентинские о-ва	1958-2004	IV	IX	77	1993-2003	IV	IX	74	18.IV	24.IX	154
Пуэрто Соберания	1984-2002	IV	IX	75	1992-2002	IV	IX	67	24.III	25.IX	129
Алмиранте Браун	1966-1980	V	X	88	1970-1980	V	X	88	24.IV	11.X	127
Эсперансе	1962-1978	III	X	56	1968-1978	III	X	79	12.V	10.X	158
Сиова	1978-2001	V	I	138	1991-2001	IV	XI	158	01.V	18.I	259
Моусон	1993-2003	III	XI	106	1993-2003	III	XI	106	06.IV	08.XI	146
Дейвис	1993-2003	III	XI	71	1993-2003	III	XI	71	30.III	09.XI	112
Кейси	1996-2002	IV	XI	135	1996-2002	IV	XI	135	15.IV	15.XI	143

Анализ результатов (табл. 2) показал, что в среднем в году максимум во внутригодовом ходе уровня на всем рассматриваемом побережье Антарктиды наступал в апреле (с вариациями от марта до мая). Это следует как из анализа данных климатического осреднения за весь период наблюдений и 11 лет, так и из осреднения результатов по экстремумам.

Месяцы минимальных высот в сезонном ходе уровня несколько варьировали и наблюдались на станциях Тихоокеанского сектора преимущественно в сентябре-октябре, тогда как на станциях индоокеанского сектора при климатическом и экстремальном осреднении — в ноябре. Исключением здесь явилась лишь ст. Сиова, сезонный минимум на которой отмечен лишь в январе, как для данных полученных при климатическом осреднении, так и при осреднении по экстремумам. Помимо упомянутых основных сезонных экстремумов во внутригодовом ходе уровня Мирового океана, на некоторых станциях в отдельные годы наблюдались довольно

значительные дополнительные всплески и провалы его, приуроченные к другим месяцам года. Природа и причина их появления не совсем ясна и требует проведения дополнительных исследований.

Амплитуды сезонных колебаний уровня Мирового океана, вычисленные при климатическом осреднении, на большинстве станций колебались в пределах 6-11 см. Лишь на ст. Сиова и Кейси средние их величины достигали 14-16 см. Интересно отметить, что амплитуды сезонных колебаний уровня, вычисленные при осреднении по ежегодным экстремумам, оказались в 1,5-2,0 раза больше климатических и были равны на большинстве станций 11-16 см, а для ст. Сиова — около 26 см (табл. 2). Причиной таких различий в вычисленных сезонных амплитудах уровня являются, по нашему мнению, межгодовые вариации месяцев наступления экстремумов на станциях Антарктиды.

Подводя итоги анализа сезонных колебаний уровня, следует обратить внимание на различную продолжительность периодов падения и роста его в отдельных регионах. Так, если на станциях тихоокеанского сектора период падения уровня (от max до min) составлял 5,5 мес., а период роста (от min до max) — 6,5 мес., то на станциях индоокеанского сектора он составлял соответственно 7-7,5 и 4,5-5 мес. На ст. Сиова в атлантическом секторе период сезонного падения уровня Мирового океана вообще составлял 8-8,5 мес., тогда как роста — всего 3,5-4 мес.

2. Межгодовая изменчивость

Рассматривая межгодовую изменчивость уровня на побережье Антарктиды можно констатировать, что формирование его колебаний, как и во всем Мировом океане, обусловлено наличием знакопеременного тренда, на фоне которого развиваются разномасштабные долгопериодные возмущения волнового характера.

Спектральный анализ рядов среднемесячных высот уровня 2 станций с наиболее продолжительными наблюдениями (ст. Аргентинские о-ва — 47 лет, ст. Сиова — 25 лет), а также качественные оценки характера межгодовой изменчивости на остальных станциях Антарктиды, показали, что в их межгодовых возмущениях доминировали колебания с периодами 2,4-5, 10-14 (в ср. 12 лет) и 22-24 года.

В работе [5] при анализе временных рядов барика в этом же регионе также выявлено присутствие аналогичных (11-, 4- и 2-летних) периодичностей. Визуальные оценки свидетельствуют о возможном существовании в рассматриваемом регионе волновых возмущений уровня и на периоде 18-19 лет. Заметим, что периоды

18-19 лет и 22-24 года, при вышеупомянутой продолжительности рассматриваемых рядов, представляются недостаточно достоверными. Амплитуды волн выявленных периодов в среднем находились в пределах 4-7 см; лишь 24-летняя волна имела величину 10-12 см.

О роли таяния материковых льдов в повышении уровня Мирового океана

1. Антарктида

Одним из надежных показателей тенденции, а также характера и динамики долгопериодной изменчивости уровня на станции может служить знак и величина его коэффициента тренда. Положительный тренд свидетельствует о росте уровня на станции, отрицательный — о его падении. Такие утверждения справедливы, однако, лишь при условии стабильности и отсутствии вертикальных смещений прибрежной суши, с которой ведутся уровенные наблюдения. В противном случае, в измеряемые высоты уровня закладывается «ошибка» обусловленная подъемом или опусканием самой суши. При неизменном уровне наблюдаемый подъем его свидетельствует об опускании суши, а понижение — о ее поднятии.

Для суждения о тенденции межгодовых изменений уровня на побережье Антарктиды были рассмотрены тренды анализируемых станций, вычисленные за весь период наблюдений на них, и за последние 11 лет. Анализ их абсолютных величин показал (табл. 1), что в рассматриваемый период (1958-2004 гг.) на большинстве станций Антарктиды преобладали небольшие положительные его значения (0-3,09 мм/год). Исключением явились ст. Сиова, на которой наблюдался довольно значительный отрицательный тренд (-32,31 мм/год) и ст. Эсперансе (-7,92 мм/год).

В 11-летнем ряду трендов (табл. 1) на рассматриваемых станциях наблюдались примерно одинаковой повторяемости их положительные и отрицательные величины (мм/год) со слабыми (1,53 ÷ -1,11), умеренными (3,09 ÷ 2,34) и большими отрицательными (-6,22 ÷ -14,3) их значениями. Существование столь больших отрицательных значений коэффициентов тренда на ряде станций дало повод предположить наличие в исследуемом регионе Антарктиды хорошо выраженного поднятия прибрежной суши.

Метод водного нивелирования, как известно, применим для оценки характера колебаний суши только при условии использования наряду с анализируемой, еще и «реперной» станции. На «реперной» станции должны иметь место колебания уровня Мирового океана, обусловленные воздействием только эвстатических факто-

ров, т. е. повышения или понижения его уровня за счет таяния льдов Антарктиды, Гренландии, припайных и островных льдов Арктики, ледовых шапок горных вершин или интенсивного испарения. Колебания же его за счет вертикальных смещений земной коры на ней должны отсутствовать [3].

В качестве реперной станции была выбрана ст. Брест (Франция), удовлетворяющая, по нашему мнению, упомянутым требованиям. Вертикальные смещения суши на ней приняты отсутствующими. В табл. 1, помимо ранее упомянутых сведений, приведены также тренды уровня ст. Брест за периоды, соответствующие периодам наблюдений на анализируемых станциях, а также разности трендов исследуемой станции и ст. Брест. Именно эта разность и является показателем роста или опускания прибрежной суши на станциях Антарктиды. Обобщая результаты вычисления разности трендов на станциях за весь период наблюдений и за последние 11 лет можно констатировать, что в Антарктиде действительно существует хорошо выраженное поднятие суши.

Из всех, приведенных в табл. 1, случаев (13) вычисления разности трендов, только в одном из них (ст. Алмиранте Браун — данные за весь период наблюдений) происходило опускание суши; на остальных (12) — наблюдался подъем ее. При этом было обращено внимание на наличие на разных участках побережья материка трех различных по величине типов интенсивности поднятия суши: слабого ($-1,3 \div -2,1$), умеренного ($-5,5 \div -7,8$) и сильного — на ст. Сиова ($-36,0$ по данным за весь период наблюдений и $-21,9$ — за последние 11 лет). Данные разности трендов на ст. Алмиранте Браун, давшие опускание суши $4,75$ мм/год, не были приняты во внимание по упомянутой выше причине.

Зная площадь Антарктиды, и, располагая величинами поднятия прибрежной суши (табл. 1), которые обусловлены по нашему предположению потерей соответствующего количества льда, можно оценить объем воды, поступившей в Мировой океан с этого материка за год, а при необходимости и за исследуемые периоды лет.

Строго говоря, распространение прибрежного поднятия суши на весь материк Антарктиды неправомерно, однако, как определенный сценарий нам представляется в первом приближении такое предположение допустимо (осреднение по полукольцу побережья Антарктиды).

В табл. 3 приведено несколько сценариев расчета, по интенсивности поднятия суши, возможного количества воды, поступающей

ежегодно из Антарктиды в Мировой океан. Оценки были выполнены отдельно для данных слабого, умеренного и сильного поднятий ее прибрежной суши, а также для средних величин, полученных после обобщения данных анализировавшихся станций на рассматриваемой территории примерно равной половине кольца побережья Антарктиды. Оценки приведены при обобщении разности трендов (поднятие суши) за весь период (47 лет) наблюдений ($110 \text{ км}^3/\text{год}$) и за последние 11 лет ($88,8 \text{ км}^3/\text{год}$). Оценивая объем воды, поступившей из Антарктиды в Мировой океан в течение XX столетия, как это обычно делают для сравнения, получим соответственно 11×10^3 и около $9 \times 10^3 \text{ км}^3/100\text{л}$. Распространять полученную интенсивность поднятия суши Антарктиды на 100-летний период, по нашему мнению, не совсем корректно, поскольку, по мнению ряда исследователей, она в последние 2-3 десятилетия заметно возросла.

Таблица 3.

Оценки средних интенсивностей подъема суши (разности трендов) и ежегодного количества (объема) воды, получаемого Мировым океаном из Антарктиды, Гренландии и Арктики за счет таяния их льдов

а) Антарктида (площадь $14 \times 10^6 \text{ км}^2$)

Характер поднятия суши	Слабое	Умеренное	Сильное	В среднем
Разность трендов за весь период наблюдений, мм/год	-1,611	-6,347	-35,952	7,870
Объем воды, $\text{км}^3/\text{год}$	22,6	88,9	503,3	110,2
Разность трендов за последние 11 лет, мм/год	-1,776	-6,321	-20,100	6,340
Объем воды, $\text{км}^3/\text{год}$	24,9	88,5	281,4	88,8

б) Гренландия (площадь $2,2 \times 10^6 \text{ км}^2$)

Название станции, координаты, период наблюдений	Алерт 82°30'с.ш. 62°19'з.д. 1970-2004 гг.	Амассалик 65°30'с.ш. 37°00'з.д. 1990-1998 гг.	Илуисат 69°13'с.ш. 51°06'з.д. 1992-1997 гг.	Среднее
Разность трендов (подъем суши) за период наблюдений, мм/год	-4,714	-6,650	-10,729	7,360
Объем воды, $\text{км}^3/\text{год}$	8,30	11,70	18,88	≈13,0

в) Северный ледовитый океан (площадь $13,1 \times 10^6 \text{ км}^2$)

Название станции, координаты, период наблюдений	Баренцбург 78°04'с.ш. 14°15'в.д. 1973-2002 гг.	Нарвик 68°26'с.ш. 17°25'в.д. 1973-2004 гг.	Рорвик 64°52'с.ш. 11°15'в.д. 1981-2001 гг.	Среднее
Разность трендов, за период наблюдений, мм/год	-9,46	-4,63	-5,89	6,66
Объем воды, $\text{км}^3/\text{год}$	123,9	66,6	77,2	89,2

2. Остров Гренландия

Наряду с вышеупомянутыми результатами расчетов, приведенными для материка Антарктиды, также была предпринята попытка провести ориентировочные оценки количества воды, поступившей в Мировой океан при таянии льдов о-ва Гренландия с использованием той же методики водного нивелирования (табл. 3). К сожалению, данные об уровнях наблюдений на этом острове оказались еще более скромными. Удалось найти лишь отрывочные сведения о среднегодовых высотах уровня на ст. Алерт, расположенной на соседнем с Гренландией о-ве Элсмир (за 1970-2004 гг.), и ряды среднемесячных данных об уровне на гренландских станциях Аммассалик (1990-98 гг.) и Ллулиссат (1992-97 гг.). Сведения о координатах станций, разности трендов на них (с реперной ст. Брест) и количестве потерянной при этом воды приведены в табл. 3. Отметим, что анализ разности трендов четко свидетельствует о хорошо выраженном здесь за рассматриваемые периоды лет поднятии суши в диапазоне $-4,7 \div -10,7$ мм/год. Зная площадь Гренландии, и имея информацию о том, что лишь 80 % ее территории покрыто льдом, можно оценить количество (объем) воды поступивший с нее в Мировой океан (табл. 3). Таким образом, можно констатировать, что с о. Гренландия терялось в год от 8,3 до 18,9 км³ воды, а в среднем примерно 13 км³. Следовательно, за 100 лет из него в Мировой океан поступило $1,3 \times 10^3$ км³ воды.

3. Северный Ледовитый океан

Интересным представилось также провести подобные оценки и для Северного Ледовитого океана. Были рассмотрены данные уровней наблюдений трех прибрежных норвежских станций: Баренцбург (о. Шпицберген), Нарвик и Рорвик (север Скандинавского п-ова) за последние 20-30 лет. Сведения о них приведены в табл. 3, где наряду со справочными данными о станциях, указаны разности их трендов со ст. Брест, а также вычисленные объемы воды, образующиеся в результате поднятия прибрежной суши. Анализ разности трендов свидетельствуют о хорошо выраженном поднятии суши и в Северном Ледовитом океане. Разность трендов изменялась от $-4,6$ до $-9,5$ мм/год; средняя величина ее равнялась $-6,67$ мм/год. Зная площадь бассейна и среднюю величину поднятия прибрежной суши, легко вычислить количество (объем) воды, вытесняемой поднявшейся сушей — 87,2 км³/год. За 100 лет этот объем составит $8,7 \times 10^3$ км³.

О надежности проведенных расчетов

Приведенные выше результаты оценочных расчетов количества растаявшего льда в Антарктиде, а также на о-ве Гренландия и в Арктическом бассейне методом водного нивелирования нуждаются в проверке на предмет их надежности и достоверности. Наше видение решения этого вопроса состояло в необходимости сравнения полученных результатов расчета с данными непосредственных оценок количества поступившей воды в Мировой океан. С этой целью было рассмотрено два сценария. Во-первых это можно получить, если известно, что за 100 лет уровень Мирового океана повысился на 16,6 см, а при его площади, равной 361×10^6 км², объем поступившей воды составит $59,9 \times 10^3$ км³. В предположении, что таяние льдов на поверхности Земли происходит равномерно и всюду одинаково, количество растаявшей воды с каждого из рассматриваемых объектов должно быть пропорционально площади находящегося на ней льда. Результаты расчета при таком сценарии приведены в табл. 4 (колонка 3). Возможно получение непосредственных независимых оценок количества воды, поступившей в Мировой океан и распределенной между объектами и по второму сценарию, когда известно непосредственное количество воды, отданное Мировому океану одним из объектов благодаря таянию его льдов. При этом должны полностью сохраняться предположения и допущения первого сценария.

Выше, была дана информация о том, что в начале - первой половине XX в. толщина льдов в Северном Ледовитом океане составляла 4,5-4,0 м, а к началу XXI в. она уменьшилась на 40 %: т.е. за 75 лет растаяло 1,7 м льда. Зная площадь арктического бассейна покрытого льдом и упомянутую толщину растаявшего льда можно вычислить его объем за 75 ($20,1 \times 10^3$ км³) и 100 лет ($26,75 \times 10^3$ км³). При условии равномерного таяния льдов на поверхности Земли можно по объему (количеству) воды, растаявшей в Арктике рассчитать, пропорционально площади занятой льдом в Антарктиде и Гренландии, объемы воды, поступившие в Мировой океан из этих объектов. Их сумма даст общий объем воды, полученный Мировым океаном за 100 лет при независимых расчетах по второму сценарию (табл. 4, колонка 4).

В табл. 4 также приведены объемы воды, отданные исследуемыми объектами за 100 лет Мировому океану при расчетах их по примененному в работе методу водного нивелирования (колонка 5) и сравнительная оценка количества вод, отданных за 100 лет Ми-

ровому океану Антарктидой, Гренландией и Арктическим бассейном по фактическим данным и вычисленным результатам, полученных путем применения метода водного нивелирования (колонка 6). Интересным и несколько неожиданным явился тот факт, что во всех случаях расчетов, объемы воды, вычисленные по предложенному методу, оказались в 3,0-3,1 раза ниже результатов, найденных по фактическим данным. По нашему мнению причина кроется в необходимости учета плотности поднимающейся суши при проведении подобного рода расчетов.

Таблица 4.

Объемы воды, полученные Мировым океаном за 100 лет в результате таяния льдов от своих объектов по расчетным и фактическим данным, и вычисленным по методу водного нивелирования

Рассматриваемый объект	Площадь Мирового океана и покрытых льдом объектов, $\times 10^6 \text{ км}^2$	Два сценария расчета объема воды, поступившей в Мировой океан от своих объектов за 100 лет, $\times 10^6 \text{ км}^3/100 \text{ лет}$		Объем воды поступивший в Мировой океан за 100 лет по методу водного нивелирования, $\times 10^6 \text{ км}^3/100 \text{ лет}$	Отношение фактического объема воды поступившей в Мировой океан по двум сценариям к объему воды, полученному по методу водного нивелирования	Объем воды, поступившей в Мировой океан по методу водного нивелирования с учетом плотности суши	
		3	4			7 $\times 10^3 \text{ км}^3/100 \text{ лет}$	8 %
1	2	3	4	5	6	7	8
Мировой океан	361,00	59,90	62,0	20,2	3,0 - 3,1	69,6 - 61,7	100,0
Антарктида	13,84	30,30	31,3	10,0	3,0 - 3,1	30,0 - 31,0	50,3
Сев. Ледовитый океан	11,80	25,80	26,7	8,9	2,9 - 3,0	25,8 - 26,7	43,0
о. Гренландия	1,76	3,85	4,0	1,3	2,96 - 3,08	3,8 - 4,0	6,4

С учетом этого замечания, согласно нашим оценкам в Мировой океан поступило от рассмотренных объектов за 100 лет около $61 \times 10^3 \text{ км}^3$ воды. При этом на долю Антарктиды приходилось свыше 50 %, на долю Северного Ледовитого океана — примерно 43 % и на долю о-ва Гренландия около — 6,5 % от общего объема воды, поступившего за этот период (табл. 4, колонки 7, 8).

Заключение. Подводя итоги исследованию, проведенному в настоящей работе, отметим, что при анализе сезонных колебаний уровня на прибрежных станциях Антарктиды было установлено существование в его внутригодовом ходе годовой волны с максимумом в апреле. Время наступления месяцев минимума варьировало в зависимости от региона и наблюдалось в тихоокеанском

секторе в сентябре-октябре, в индоокеанском секторе — в ноябре, а на ст. Сиова (атлантический сектор) даже в январе. Показано также присутствие во внутригодовом ходе уровня на ряде станций заметного вторичного экстремума с максимумом в июле-августе и минимумом в мае-июне. Амплитуды сезонного хода уровня колебались в пределах 6-11 см при климатическом осреднении и были в 1,5-2 раза выше при осреднении их по ежегодным экстремумам. Межгодовая изменчивость уровня на станциях Антарктиды характеризовалась наличием знакопеременного тренда и присутствием в его колебаниях целого спектра межгодовых волновых возмущений на периодах 2,4-5; 10-14 и 22-24 года. Амплитуды этих возмущений изменялись в пределах 4-7 см, а наиболее мощные из них — до 10-12 см выделялись лишь в 24-летней волне.

Детальный анализ трендов станций и их разностей со ст. Брест, проведенный для оценки объема воды, отдаваемой Антарктидой в Мировой океан по величине поднятия суши с использованием метода водного нивелирования в итоге показал возможность такого подхода. Оценочные расчеты объема воды, поступающего в Мировой океан из Гренландии и Северного Ледовитого океана с использованием предлагаемой методики, по нашему мнению, также можно считать заслуживающими внимания.

Среди сомнений и нерешенных вопросов, возникших при проведении настоящего исследования, следует назвать, во-первых, насколько удачно и правомочно было использовать в качестве реперной такую удаленную от Антарктиды станцию как Брест; во-вторых, насколько правомерным было распространение на весь материк поднятия суши по данным наблюдений на прибрежных станциях, охватывающих лишь половину его побережья; в-третьих, укажем на первоначально неправильно заложенное нами допущение о том, что объем поднявшейся суши Антарктиды (и др. объектов) равен объему воды, сброшенной с нее в Мировой океан. В данном случае должны действовать весовые отношения, поскольку плотность суши примерно в 3 раза больше плотности воды.

В заключение отметим, что использование метода водного нивелирования для расчетов количества воды, отдаваемой Антарктидой (и другими объектами) в Мировой океан, по нашему мнению, вполне допустимо. Вместе с тем полученные результаты необходимо признать оценочными и дискуссионными.

Литература

1. Богуславский С. Г., Кубряков А. И., Иващенко И. К. Изменение уровня Черного моря // Морской гидрофизический журнал. — 1997. — № 3. — С. 47-57.
2. Горячкин Ю. Н., Иванов В. А. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее / Под ред. В. Н. Еремеева. — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. — 210 с.
3. Зенин В. Д. Метод водного нивелирования // Тр. ГОИН. — 1961. — Вып. 61. — С. 66-115.
4. Победоносцев С. В. Использование водного нивелирования для проверки и восстановления значений уровня моря // Труды ГОИН. — 1978. — Вып. 137. — С. 97-107.
5. Школьный Е. П., Галич Е. А. Особенности крупномасштабных процессов в атмосфере западного сектора Южного полушария // Тези доповідей II міжнар. наук.-техн. конф., присв. 75-річчю Одеського держ. еколог. ун-ту. — Одеса: ОДЕКУ. — 2007. — С. 185.
6. Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) / <http://www.pol.ac.uk/psmsl>.

Резюме

У статті аналізується зміна рівня Світового океану на 8 прибережних станціях Антарктиди. Зроблено спробу оцінити кількість води, що розтанула, та поступила у Світовий океан з Антарктиди, Північного Льодовитого океану та з о. Гренландія.

*С. П. Ковалишина, Н. С. Калошина,
М. О. Грандова, Д. С. Дудник, Г. В. Сапчева*

СТАН ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ШЕЛЬФОВИХ ВОД ПЗЧМ ЗА ГІДРОБІОЛОГІЧНИМИ ТА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ (за матеріалами 30-го рейсу «Володимир Паршин», липень 2009 р.)

Гідробіологічні та гідрохімічні дослідження для оцінки якості екосистем морського середовища проводилися з метою виконання оцінки, діагнозу та прогнозу стану водного середовища шельфової частини ПЗЧМ.

Кількісний розвиток фітопланктону та його таксономічний склад залежать від наявності у воді біогенних речовин, динаміки їх надходження у продуктивний шар, від кліматичних умов та інтенсивності його виїдання зоопланктоном. В цілому, фітопланк-

тон є комплексом, який надзвичайно швидко реагує на будь-які зміни оточуючого середовища і є добрим екологічним показником водного середовища. Дослідження закономірностей розподілу хлорофілу «а» та пігментного індексу, як показників рівня розвитку фітопланктону, займає важливе місце при оцінці продуктивності різних акваторій. Тварини, які віднесені за розмірно-екологічною характеристикою у склад мейобентосу, характеризуються великою чисельністю та трофічним різноманіттям. Саме тому вони займають важливе місце у збереженні рівноваги донних екосистем та одночасно є індикаторами екологічного стану акваторій.

Біоценотичний і загально екологічний підхід до оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами враховує показники загального біорізноманіття, таксономічного і видового багатства біоценозів гідробіонтів пелагіалі і бенталі.

В основу даного повідомлення покладено матеріали обробки та аналізу гідробіологічних та гідрохімічних проб з 30-го рейсу НДС «Володимир Паршин», який проходив у липні 2009 року в акваторії шельфової частини ПЗЧМ. Карта схема розташування станцій наведена на рис. 1. Проаналізовано 31 пробу фітопланктону, 9 — зоопланктону, 7 — фотосинтетичних пігментів, 9 — мейобентосу, 40 — гідрохімічних. Відбір та аналіз гідробіологічних та гідрохімічних проб проводили за стандартними методиками [1-3]. Визначення пігментного складу фітопланктону виконано відповідно до ГОСТ 17.1.4.02-90 [4]. Індекс ТRIX розраховано за методикою [5].

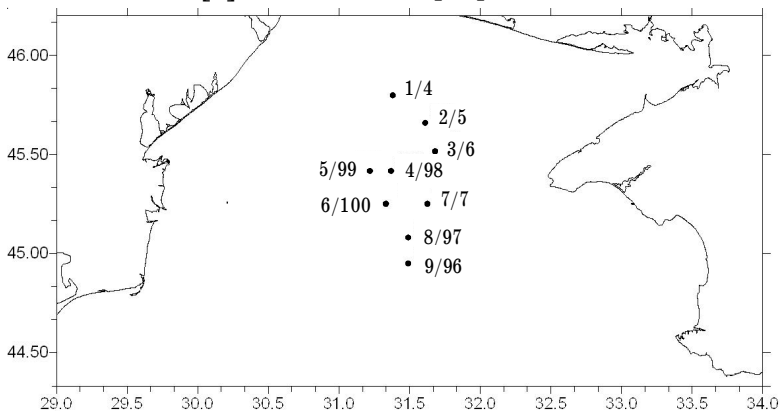


Рис. 1. Карта-схема розташування станцій у шельфовій частині ПЗЧМ

Вміст розчиненого у воді кисню в шельфових поверхневих водах ПЗЧМ коливався від 7,70 до 8,43 мг/л (103-114 % насичення). Просторовий розподіл концентрацій кисню носив однорідний характер. Внаслідок літнього прогрівання вод на глибинах 10-20 м спостерігався під поверхневий максимум кисню з концентраціями від 8,5 до 11,3 мг/л з пересиченням вод до 125 %, де зареєстровано максимум розвитку фітопланктону. Нижче шару сезонного стрибка щільності відносний вміст кисню поступово знижувався до мінімального насичення (83-88 %) у придонному шарі, на глибинах 50-55 м.

Серед біогенних елементів (нітри, нітрати, фосфати) в морських водах в значних концентраціях присутні сполуки азоту. Неорганічні форми азоту представлені амонійними, нітритними і нітратними іонами. Першим неорганічним продуктом складного процесу біохімічної трансформації органічної речовини є амоній. Концентрації амонійного азоту в районі північно-західного шельфу були незначними і коливалися в поверхневих водах від аналітичного нуля до 28 мкг/л, складаючи в середньому 4,7 мкг/л. В придонних шарах вміст амонійного азоту коливався від аналітичного нуля до 7,0 мкг/л, при середньому значенні 2,1 мкг/л. Вміст загального азоту (*N_{заг.}*) в поверхневих водах ПЗЧМ коливався в межах від 140 до 320 мкг/л, при середньому значенні 230 мкг/л. В придонних шарах ПЗЧМ вміст *N_{заг.}* складав, в середньому 200 мкг/л. Як показали розрахунки, середня концентрація органічного азоту в поверхневих водах шельфу дорівнювала 220 мкг/л (96 % від вмісту загального азоту). В придонних шарах середній вміст органічного азоту був 190 мкг/л. Концентрації мінерального фосфору (*P_{мін.}*) в поверхневих водах ПЗЧМ коливались від 1,9 до 27,6 мкг/л, при середньому значенні 11,2 мкг/л. В придонних шарах діапазон коливань *P_{мін.}* був ширше (5,2-53,3 мкг/л) і складав в середньому 17,8 мкг/л. Вміст загального фосфору (*P_{заг.}*) в поверхневих водах ПЗЧМ коливався в широких межах від 8 до 80 мкг/л, при середньому значенні 35,3 мкг/л. В придонних шарах шельфу середня концентрація *P_{заг.}* складала 43,7 мкг/л. Порівняння значень *P_{заг.}* і *P_{мін.}* показало наявність органічної компоненти у всіх випадках спостережень, яка складає 72 % від вмісту *P_{заг.}* в поверхневих водах для шельфової зони, в придонних шарах вміст органічного фосфору складав 56 % від *P_{заг.}*. Величина водневого показника (*pH*), коливалася від 8,28 до 8,44 од.*pH* в поверхневому шарі ПЗЧМ, складаючи в середньому 8,34. З глибиною в районі ПЗЧМ величина *pH* знижувалась до 8,17-8,24.

В районі шельфової частини ПЗЧМ було зареєстровано 45 таксонів мікроводоростей, з них до виду було визначено 36. Виявлені мікроводорості відносились до 7 відділів: *Bacillariophyta* — 9 таксонів, *Dinophyta* — 27, *Haptophyta* — 3, *Chlorophyta* — 2, *Euglenophyta* — 1, *Cyanobacteria* — 2, *Dictyochophyta* — 1 таксон. Максимального видового різноманіття досягали представники дінофітових водоростей, що звичайно для літнього періоду.

В акваторії спостерігався перехід від II стадії літньої сукцесії до III та IV стадії. На більшості станцій спостерігалось одночасне вегетування представників II, III та IV стадій. Максимальне видове різноманіття було зареєстровано на горизонтах 0-10 м, максимум числа таксонів спостерігався на станціях 9/96 та 1/4 на горизонті 10 м (14 та 13 таксонів, відповідно). На більшості станцій спостерігався полідомінантний комплекс з домінуванням декількох характерних для даного періоду та району видів. За чисельністю та біомасою на більшості станцій домінували представники відділів *Bacillariophyta* та *Dinophyta*, помітний вклад в чисельність вносили також представники відділу *Haptophyta* (рис. 2 а, б).

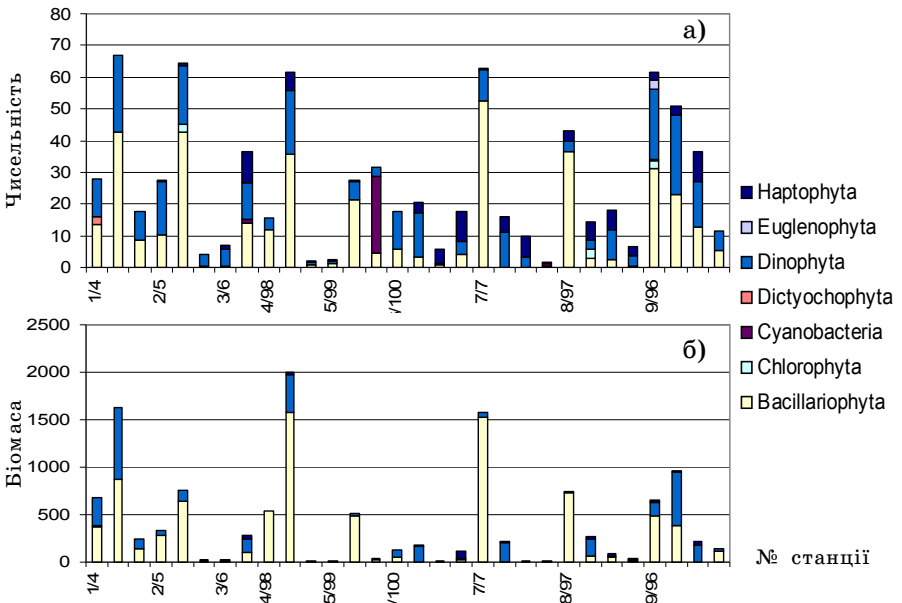


Рис. 2. Кількісні показники мікроводоростей у шельфовій частині ПЗЧМ: а) чисельність, млн. кл./м³; б) біомаса, г/м³

Вклад інших відділів в кількісні та якісні показники був незначним. Серед *Bacillariophyta* особливо виділялася крупноклітинна *Pseudosolenia calcar-avis*, яка зустрічалась на більшості станцій, а на окремих горизонтах досягала рівня цвітіння. Також серед домінант було зареєстровано ще одну діатомову водорість *Proboscia alata*, представників дінофітових (*Prorocentrum minimum*, *Gymnodinium agile*) та кокколітофорид (*Syracosphaera grundii*). В районі шельфової частини ПЗЧМ фітопланктон переважно концентрувався на горизонтах 0-10 м, на цих горизонтах спостерігались максимальні значення чисельності та біомаси (рис. 3, 4).

Максимальна чисельність (67 млн. кл./м³) спостерігалась на станції 1/4 на горизонті 10 м. Максимальне значення біомаси (1,99 г/м³) було зареєстровано на станції 4/98 на горизонті 10 метрів. Максимальна кількість видів (33) була зареєстрована на горизонті 10 м, мінімальна (11) — на горизонті 30 м. Горизонт 10 м характеризувався домінуванням діатомової водорості *Pseudosolenia calcar-avis*, що складало 36 % від загальної чисельності фітопланктону. Розвиток цього виду не знижував видового різноманіття, саме тут було відмічено його максимальне значення 0,741.

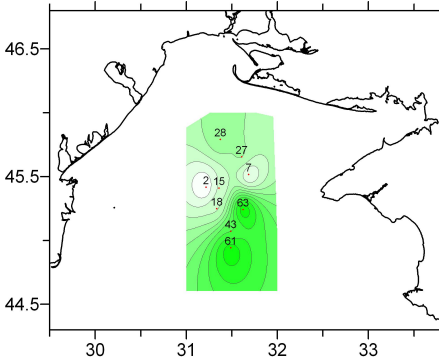


Рис. 3. Просторовий розподіл чисельності фітопланктону (горизонт 0 м), млн. кл./м³

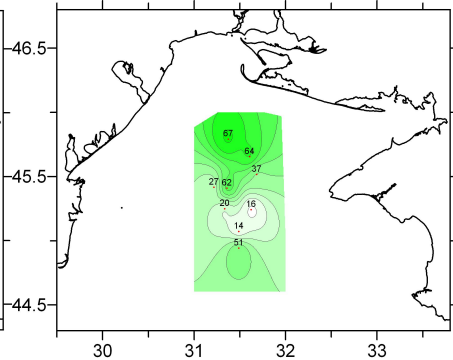


Рис. 4. Просторовий розподіл чисельності фітопланктону (горизонт 10 м), млн. кл./м³

Із збільшенням глибини спостерігалось зниження видового різноманіття, що відображається зниженням індексу видового різноманіття Шенону. Мінімальні значення індексу Шенона (0,484) відмічені на горизонті 30 м (рис. 5).

У районах шельфової частини ПЗЧМ та Філофорного поля показники концентрації хлорофілу «а» змінювались у діапазоні

0,145-3,294 мкг/л. Мінімальні значення (0,145 мкг/л) були отримані на станції 4/98; максимальні (3,294 мкг/л) — на станції 3/6.

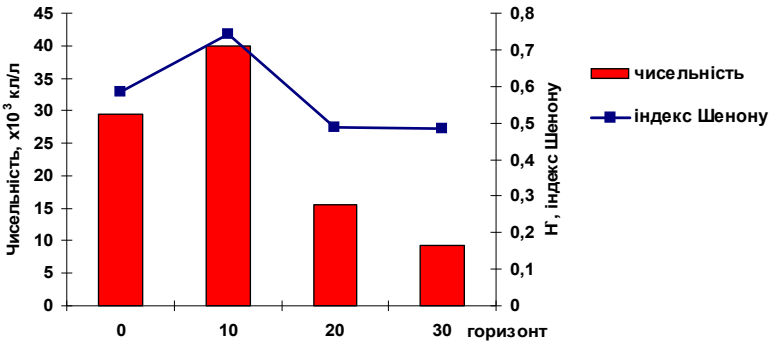


Рис. 5. Зміна індексу видового різноманіття (H') та чисельності фітопланктону по горизонтах

Для оцінки рівня трофності вод використовувався індекс трофності *E-TRIX*. Індекс трофності *E-TRIX* є функцією концентрації розчинного кисню, загального фосфору, суми мінеральних форм азоту та хлорофілу «а». Величини *E-TRIX* у районі шельфової частини ПЗЧМ варіювали від 3 до 4, що свідчить про досить низький трофний рівень вод, відповідає класу β -мезосапробним водам.

В акваторії шельфової частини ПЗЧМ зареєстровано 22 таксона зоопланктону. Домінантним таксоном виявлено *Noctiluca scintillans*, субдомінантним *Copepoda*. Зоопланктон умовно поділений на холопланктон (справжній планктон), онтогенез представників якого проходить виключно у товщі водних мас, та меропланктон (тимчасовий компонент зоопланктону), представлений переважно личинками бентосних тварин. Чисельність видів зоопланктону значно збільшується під час розвитку меропланктону, що пов'язано з періодом розмноження бентосної фауни. Видовий склад значно збільшується за рахунок бентосних тварин — личинок поліхет, молюсків, циріпедій, а також тимчасово присутніх в планктоні бентопелагічних видів — представників гарпактицид, мізид, амфіпод.

Чисельність зоопланктону в акваторії шельфової частини ПЗЧМ та Філофорного поля Зернова знаходилась в межах 314 екз./м³ (ст. 7/7) — 3910 екз./м³ (ст. 5/99). Найбільшу кількість видів зареєстровано у таксонах *Cladocera*, *Copepoda*. Чисельність та біомаса желетілих не враховували.

В районі шельфової частини ПЗЧМ домінували представники холопланктону. Домінантним видом виявлено *Noctiluca scintillans*,

чисельність змінювалась в діапазоні 16 екз./м³ (ст. 6/100) — 287116 екз./м³ (ст. 5/99). Розвиток цієї тварини в літній період є типовим. Субдомінантним таксоном виявлено *Sopropoda*, домінуючим видом зареєстровано *Acartia clausi*. Чисельність таксонів та просторовий розподіл чисельності зоопланктону відображено на рис. 6, 7.

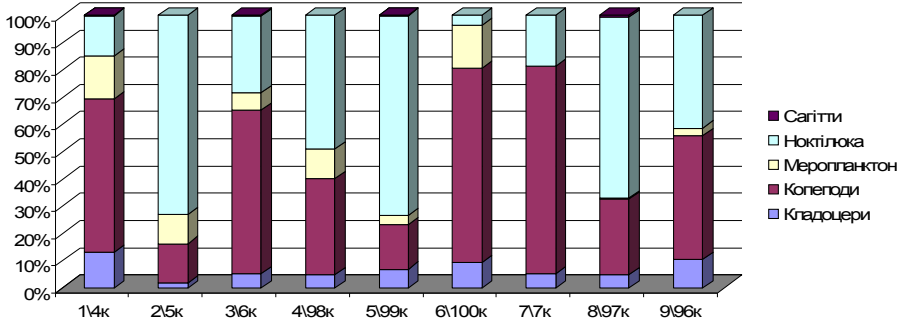


Рис. 6. Чисельність таксонів зоопланктону в шельфовій частині ПЗЧМ, %

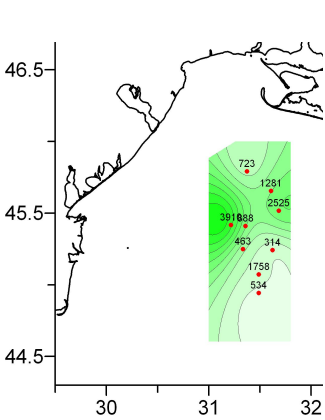


Рис. 7. Просторовий розподіл чисельності зоопланктону, екз./м³

Чисельність таксону *Cladocera* в шельфовій частині ПЗЧМ змінювалась в діапазоні від 16 до 266 екз./м³, масовим видом виявлено *Pleopis polyphaetoides*. Чисельність *Sopropoda* знаходилась в межах 186-15015 екз./м³. Біомаса зоопланктону в шельфовій частині ПЗЧМ становила 6,191-279,816 мг/м³, основна частка у формуванні біомаси належить *Noctiluca scintillans*. Дольова частка таксонів у формуванні біомаси та просторовий розподіл біомаси зоопланктону відображено на рис. 8, 9. Біомаса таксону *Cladocera* характеризувалась низькими значеннями та становила 0,279-6,647 мг/м³. Біомаса *Sopropoda* знаходилась в межах 1,615-13,782 мг/м³.

За кількісними показниками зоопланктону акваторія шельфової частини ПЗЧМ характеризується нормальними умовами для розвитку планктонних організмів. Спалах чисельності *Noctiluca scintillans* є типовим для цього періоду акваторії шельфу.

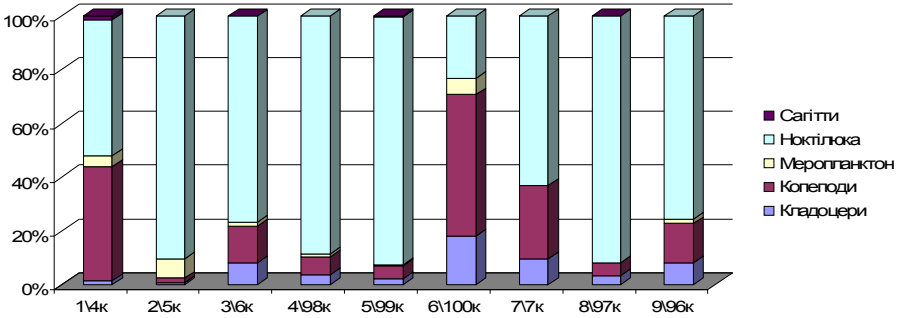


Рис. 8. Біомаса таксонів зоопланктону в шельфовій частині ПЗЧМ, %

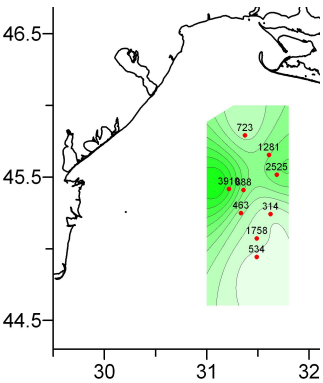


Рис. 9. Просторовий розподіл біомаси зоопланктону, мг/м³

В районі досліджень шельфової частини ПЗЧМ зареєстровано 12 таксонів мейобентосу — *Foraminifera*, *Nematoda*, *Harpacticoidea*, *Ostracoda*, *Kinorhyncha*, *Halacarina*, *Turbellaria*, *Polychaeta*, *Oligochaeta*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Amphipoda*. Частота трапляння таксонів мейобентосу розподілилась у діапазоні 11-100 %: фораменіфери та нематоди (100 %), гарпактикоїди та червононогі молюски (88,8 %), остракоди та амфіподи (66,6 %), двостулкові молюски та їх молодь (55 %), морські кліщі та турбеларії (22,2 %), кіноринхи та олігохети (11 %). За щільністю поселення ведучим виявлено еумейобентос, який утворював 55-60 % загальної кількості організмів, більшу частину котрих утворювали фораменіфери та нематоди.

На станціях 5/99 та 6/100 виявлено представників морських кліщів, які є індикаторами чистоти морського середовища. На кожній станції зареєстровано від 5 до 10 таксонів мейобентосу.

В досліджуваному районі загальна чисельність мейобентосу знаходилась в межах 210000-527000 екз./м², біомаса — 31506-347024 мг/м². Середні значення чисельності для району дослідження відображено на рис. 10. Найбільший вклад у чисельність вносять представники еумейобентосу: *Foraminifera* (24 %), *Nematoda* (27 %) та *Harpacticoidea* (13 %), але досить вагомий внесок відмічено у представників псевдомейобентосу *Gastropoda* (12 %) та *Bivalvia* (9 %), що пов'язано із літнім періодом розмноження бентосних тварин.

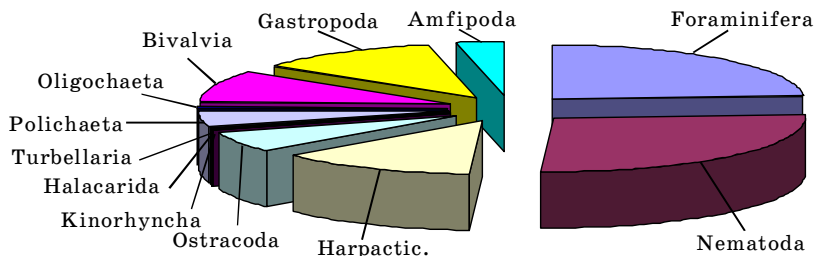


Рис. 10. Середня чисельність таксонів мейобентосу в районі ПЗЧМ, %

Кількісні показники мейобентосу за станціями мали досить широкий діапазон мінливості (рис. 11). Фораменіфери за частотою трапляння виявлені на 100 % обстежених станцій, діапазон коливання чисельності знаходився в межах від 11000 екз./м² (ст. 8/97) до 154000 екз./м² (ст. 2/5). Нематоди зустрічались на всіх обстежених станціях, їх частка у формуванні чисельності від 17 до 40 %, чисельність знаходилась в межах від 64000 екз./м² (ст. 7/7) до 84000 екз./м² (ст. 8/97). Частота трапляння гарпактикоїд 88,8 %, чисельність коливалась в діапазоні від 0 до 102000 екз./м² (6/100). Значна частка у формуванні чисельності мейобентосного ценозу належить *Ostracoda*, частота трапляння 66,6 %, діапазон чисельності від 0 до 70000 екз./м² (ст. 8/97). Також вагомий внесок у чисельність виявлено у молюсків *Bivalvia*, *Gastropoda* від 12 до 38 %. Частка інших груп мейобентосу у формуванні чисельності не перевищувала 10 %.

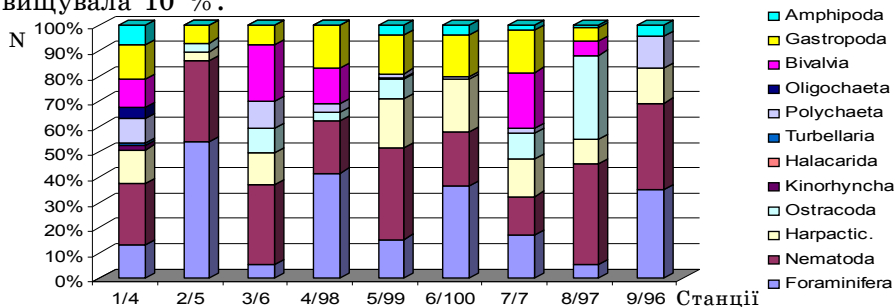


Рис. 11. Чисельність таксонів мейобентосу в районі ПЗЧМ (%)

За часткою формування середньої біомаси розподіл груп мейобентосу інший, ніж за чисельністю (рис. 12). Максимальна частка у формуванні біомаси відмічена у черевонігих молюсків 74600 мг/м²

(60 %). Частка у 20 % належить гарпактикоїдам (25573 мг/м²). Поліхети складають 8 % (9866 мг/м²), амфіподи 6 % (7155 мг/м²), двостулкові молюски 5 % (6444 мг/м²). Сумарна частка інших груп у формуванні біомаси не перевищує 9 %.

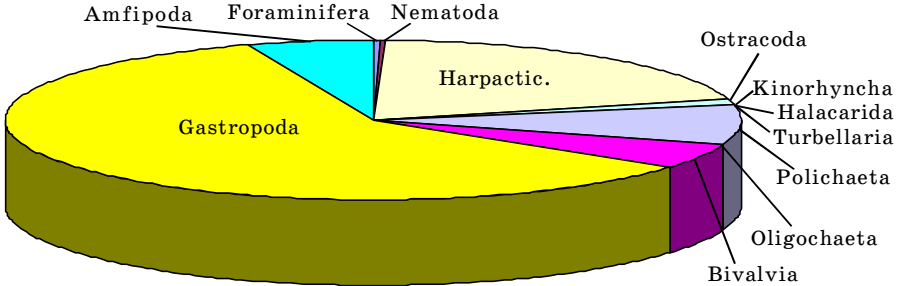


Рис. 12. Середня біомаса груп мейобентосу в шельфовій частині ПЗЧМ, %

За часткою формування біомаси групи мейобентосу досить різняться на станціях, максимальний вклад відмічено у *Gastropoda* від 43 до 95 % (рис. 13). Частота траплення *Gastropoda* по станціям становить 88,8 %, мінімальні значення біомаси 198000 мг/м² (ст. 8/97) та максимальні 145800 (ст. 6/100). Частка *Polychaeta* у формуванні біомаси складала від 3 до 55 %, частота траплення 77,7 %, мінімум 2400 мг/м² (ст. 5/99) та максимум 31200 мг/м² (ст. 1/4). Частка від 5 до 21 % у формуванні біомаси належить *Amphipoda*, частота траплення 66 %, максимальні значення зареєстровано 29400 мг/м² (ст. 1/4). На деяких станціях *Bivalvia* утворювала частку біомаси до 18 %. Серед еумейобентосу вагома частка у формуванні біомаси належить гарпактикоїдам — від 5 до 50 %, частота траплення 88 %. Максимальна біомаса 183600 мг/м² (ст. 6/100).

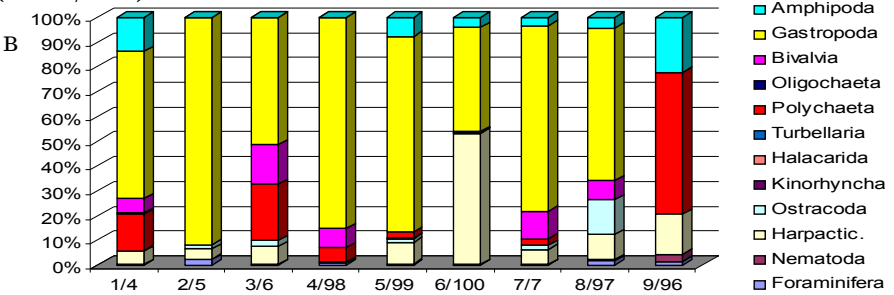


Рис. 13. Біомаса таксонів мейобентосу в шельфовій частині ПЗЧМ, %

Отже, за результатами аналізу стан морського середовища за гідрохімічними показниками оцінюється як чистий та помірно-забруднений. Просторовий розподіл концентрацій кисню носив однорідний характер. В придонних шарах показник БСК₅, який є показником кількості легкоокислювальних органічних речовин, складав в середньому 1,7 мг/л, що в цілому характерно для чистих вод, коливаючись від 0,8 до 2,6 мг/л та характеризуючи придонний шар моря, як чистий і помірно-забруднений, відповідно.

Для оцінки якості екосистем морського середовища за біологічними методами використовували порівняльний аналіз якісного та кількісного складу, чисельності та біомаси представників різних таксономічних груп організмів, що дозволило зробити наступні висновки.

У районі шельфової частини ПЗЧМ склалися сприятливі умови для розвитку планктону, що обумовило високі значення індексу видового різноманіття та низькі кількісні показники. За станом зообентосу акваторія шельфу ПЗЧМ характеризується оптимальними умовами для існування бентосних організмів. Величини *E-TRIX* у районі шельфової частини варіювали від 3 до 4, що свідчить про слабо забрудненні води, які відповідають класу β -мезосапробних вод.

Література

1. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений // Под ред. А. В. Цыбань. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — С. 100-105, 150-165.
2. Методические основы комплексного экологического мониторинга океана / Под ред. А. В. Цыбань. — М.: Моск. отд. Гидрометеоздат, 1988. — С. 185-200.
3. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92. — С-Пб.: Гидрометеоздат, 1993. — 264 с.
4. ГОСТ 17.1.4.02-90 «Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла α ».
5. Vollenveider R. A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with the special reference to the NW Adriatic sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index // Environmetrics. — 1998. — № 9. — P. 329-357.

*О. С. Матигін, Г. Ф. Джиганшин,
Г. Г. Золотарьов, С. П. Ковалишина*

31-Й ЕКСПЕДИЦІЙНИЙ РЕЙС НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОГО СУДНА «ВЛАДИМИР ПАРШИН»

В період з 4 по 15 грудня 2009 р. у Керченській протоці й прилеглих акваторіях Чорного та Азовського морів, у західній половині Азовського моря та північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) Українським науковим центром екології моря (УкрНЦЕМ) на НДС «Владимир Паршин» була проведена комплексна екологічна експедиція.

31-й експедиційний рейс НДС «Владимир Паршин» є логічним продовженням досліджень за Програмою комплексного екологічного моніторингу Керченської протоки і прилеглих акваторій Чорного і Азовського морів, яка спрямована на оцінку стану забруднення основних компонентів екосистеми та масштабів розповсюдження нафтового забруднення та сірки після аварії декількох суден у протоці восени 2007 року. Підставою є договір УкрНЦЕМ з Мінприроди України від 17 грудня 2008 р. № 1/1190/22/2: на виконання НДР «Здійснення державного моніторингу за рівнем забруднення навколишнього природного середовища в зоні надзвичайної ситуації, яка сталася 11-12 листопада 2007 року у Керченській протоці», керівник — директор УкрНЦЕМ, канд. техн. наук В. І. Борулько.

Основні цілі експедиційних досліджень в 31-му рейсі НДС «Владимир Паршин»:

- виконання спостережень та вимірів показників екологічного стану природного середовища Керченської протоки і прилеглих акваторій Чорного і Азовського морів;
- оцінка масштабів розповсюдження нафтового забруднення і забруднення сіркою в районах загострення екологічної ситуації;
- одержання експериментальних даних про вертикальний розподіл температури, солоності і структури поля поверхневих течій;
- формування бази екологічних даних для інформаційно-аналітичного забезпечення природоохоронної діяльності.

У відповідності з поставленими цілями передбачається виконати екологічну зйомку акваторії Керченської протоки і прилеглих акваторій Чорного і Азовського морів, підчас якої вирішуватимуться наступні задачі:

- визначення вмісту забруднюючих речовин (ЗР) у воді, в донних відкладах та в гідробіонтах, а також елементної сірки та її сполук в абіотичних складових екосистеми;

- визначення гідрологічної і гідрохімічної структури вод в районі досліджень;
- визначення показників стану донних відкладень та по можливості динаміки транспорту наносів;
- визначення стану біотичної складової екосистеми (фіто- і зоопланктон, мейобентос, макрзообентос, фітобентос, макрофіти);
- визначення мікробіологічного забруднення морського середовища (бактеріобентос, мікропланктон, нанопланктон), мікробіологічний аналіз донних відкладень;
- проведення інтеркалібрації методів хімічного аналізу та вимірювальних приладів за основними інгредієнтами хімічного забруднення донних відкладень (УкрНЦЕМ, МГІ НАНУ та ДОІН РФ м. Москва).

Схема розташування станцій спостережень представлена на рис. 1.

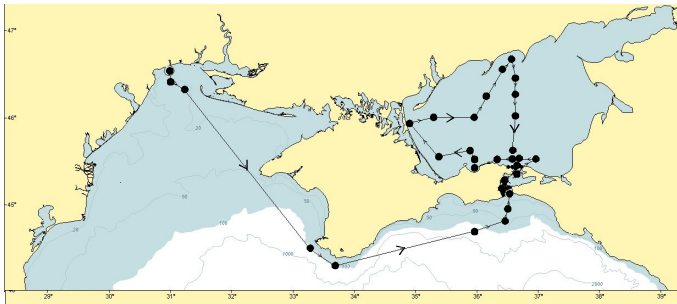


Рис. 1 Маршрут експедиції й схема океанографічних станцій 31-го рейсу НДС «Владимир Паршин» (4-15 грудня 2009 р.)

Поставлені перед експедицією завдання і програма рейсу по дослідженню екологічного стану Керченської протоки, Чорного та Азовського морів у зимовий період кінця 2009 р. виконані.

Науковий склад експедиції складався з 19 фахівців різних наукових установ України й Росії: 12 фахівців з УкрНЦЕМ, четверо — з Морського Гідрофізичного Інституту (МГІ), двоє — з Інституту Біології Південних Морів Національної Академії Наук (ІнБПдМ) (м. Севастополь), один — з Державного Океанографічного Інституту (м. Москва, Російська Федерація). Капітан НДС «Владимир Паршин» — В. Чаплигін, начальник експедиції — кандидат фіз.-мат. наук О. Матигін.

У період 31 рейсі НДС «Владимир Паршин» з 04.12.09 по 15.12.09 відібрано 83 проби морської води з 85 станцій і 32 про-

би донних відкладень, у тому числі зроблено визначень: рН, фосфатів — по 142; кисню, включаючи БПК₅ — 180; нітритів, нітритів, амонію — по 90.

Відібрано 25 проб води для визначення важких металів.

Відібрано й проекстрагировано 32 проби морської води для наступного визначення нафтових і ароматичних вуглеводнів у береговій лабораторії.

Відібрано 40 проб донних відкладень для подальшого визначення в них органічного вуглецю, фенолів, нафтових вуглеводнів, пестицидів, важких металів і елементарної сірки в береговій лабораторії.

Законом гідробіологічних досліджень були відібрані проби в наступній кількості: фітопланктону — 53; зоопланктону — 40; фітопігментів — 35; мейобентоса — 50; макрзообентосу — 50; фітобентосу — 15; макрофітів — 5; бактеріобентосу (ІнБПдМ) — 44; зоопланктону (ІнБПдМ) — 38; мікропланктонів (ІнБПдМ) — 104; нанопланктон (ІнБПдМ) — 49; ихтиопланктона — 2.

Також геоекологічною групою було відібрано 52 проби донних відкладень на визначення вологості та гранулометричного складу.

Проведений попередній аналіз даних спостережень дозволяє сформулювати такі наукові висновки:

- активні процеси осінньо-зимового вертикального перемішування призвели до повної вертикальної однорідності вод у центральних районах ПЗЧМ з глибинами до 30 м. Температура поверхні моря в ПЗЧМ на 2-4 °С вище кліматичної норми. У порівнянні із кліматичною нормою, солоність у ПЗЧМ знижена приблизно на третину проміле. В північній же частині ПЗЧМ (північніше ~ 46° пн.ш.) зниження значне (більш ніж 1,5-2,0 ‰);
- просторовий розподіл температури Азовського моря в досліджуваний період характеризується загальним її зниженням у напрямку з півдня на північ від значень 8,0-8,5 °С до 5,0-5,5 °С. Для просторового розподілу солоності характерно загальна квазізональна орієнтація ізохалін зі зниженням у північно-східному напрямку. Максимальні значення солоності (~ 11,5 ‰) зареєстровані в південно-західному секторі моря;
- водна маса Азовського моря в досліджуваний період являє собою практично однорідну по вертикалі термохалінну структуру з незначним підвищенням температури (на 0,25 °С) і солоності (~ 0,15 ‰) у придонному шарі;
- дані, отримані в даному рейсі, вказують на значне загальне потепління вод моря (майже на 3 °С), що відбулося за останні 5 років;

- термохалінна структура вод Керченської протоки однорідна по вертикалі. Причому, більша частина акваторії Керченської протоки зайнята водою Азовського моря.

У період проведених спостережень відзначалась низька чисельність желетілих. Найбільша кількість відзначалась у районі північно-західного шельфу Чорного моря. Основна маса желетілих складалась з медузи *Aurelia aurita* та гребневика *Mnemiopsis*. На північно-західному шельфі Чорного моря середня кількість желетілих складала 3 екземпляра на 1 м³, що свідчить про низьку продуктивність цих видів у зимовий період.

У складі макробоентосу Азовського моря на обстежених станціях візуально зареєстровано: мюлюсків — 24 види, ракоподібних — 7, багатощетинкових хробаків — 15, а також представників інших систематичних груп (немертини, олігохети, асцидії, турбеларії та ін.), остаточний аналіз яких буде представлений після обробки в береговій лабораторії. Представників желетілих не зареєстровано.

В районі Керченської протоки виявлено співвідношення різних систематичних груп, зокрема, перевага хробаків, що свідчить про активні процеси у донних відкладеннях. В районі о. Тузла відмічено зарості зостери, на станціях зустрічалась *Anadara inequivalvis* та раки-самітники.

Проведений аналіз проб донних відкладень показав, що сучасні морські голоценові відклади на ПЗШ Чорного моря поділяються в основному на чотири типи у залежності від району. Відклади підводних підняття, що за літологічним складом в основному представлені черепашниками і детритом із домішкою кварцового піску. Мулісті частинки практично відсутні. Відклади коси Тендра представлені кварцовим піском с черепашками. Відклади палеодолин (річища палеорічок), було відзначено на знижених ділянках дна і представлені в основному мулами глинистими переважно темних кольорів з присутністю сірководню. Відклади великої центральної площі ПЗШ представлені черепашником мулістим (мул зеленувато-сірого кольору). Черепашник в основному мідієвий, часто з живими особинами.

Сучасні відклади Азовського моря головним чином складаються з глинистих мулів з домішкою алевритової складової. У центральній частині Азовського моря, а також у районі заток Обіточна та Бердянська літологічний склад відкладень змінюється у бік глинистої складової.

На поверхні зустрічається намулок жовто-бурого кольору, на глибині 0,5-10 см від поверхні глинистих мулів зустрічається черепашковий прошарок товщиною до 3 см, колір якого змінюється від світло-сірого до темно-сірого. На всіх станціях відчувається запах сірководню, інтенсивність якого зростає з глибиною відбору проби.

У Керченській протоці сучасні відкладення представлені різним мулом, черепашником мулистим, черепашником. Задоволено часто спостерігається вторинне замулення. Запаху сірководню немає.

Поставлені перед експедицією завдання і програма рейсу по дослідженню екологічного стану Керченської протоки, Чорного та Азовського морів у зимовий період кінця 2009 р. виконані. Гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні, геологічні та радіологічні спостереження поповнять багатодільову базу екологічних даних УкрНЦЕМ, на основі якої буде дана оцінка і діагноз сучасного стану морської екосистеми зазначених акваторій, а також будуть вирішуватися різноманітні наукові проблеми природоохоронної діяльності у регіоні Азово-Чорноморського басейну. Отримана експериментальна інформація складе наукову базу для щорічної доповіді про сучасний стан екосистем Керченської протоки, Чорного та Азовського морів.

*С. И. Шепелина,
Г. С. Волкова,
Г. В. Федорова*

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОД ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

Известно, что контроль качества воды водных объектов Украины, был введен в 30-е годы XX столетия и ограничивался главными ионами, обуславливающими жесткость воды, и некоторыми биогенными элементами. Распирение ингредиентов мониторинга наблюдалось в 50-е годы, когда началось отслеживание радионуклидного загрязнения. В 1972 г. была организована общегосударственная служба контроля за загрязнением окружающей среды, в т. ч. вод [1]. В настоящее время в Украине мониторинг за состоянием окружающей среды действует на основе «Положення про державний моніторинг навколишнього середовища».

Биогеохимический контроль состояния вод стал особенно актуален в последние 20-30 лет, в связи с интенсификацией промышленных выбросов и возросшим загрязнением воздуха и почвы.

Последние рассматриваются как природные резервуары поллютантов, попадающих в водные объекты с осадками и смывами с поверхности почв. Сточные воды, со всеми последствиями вовлечения загрязняющих веществ в процессы миграции и трансформации, также вносят поллютанты разной природы в поверхностные и подземные воды.

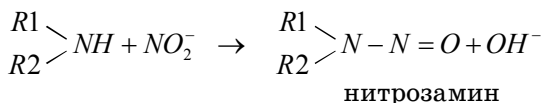
Данный мониторинг вод на региональном уровне в Одесской области охватывает реки Днестр и Дунай, водоводы Одессы и Килии, подземные (колодезные) воды сел Килийского и Болградского районов, воду артезианской скважины в Белгород-Днестровском районе и подземного ключа острова Китай (Килийский район). Для сравнения использовали бутылочную воду «Моршинская».

Биогеохимический критерий оценки загрязнения вод осуществлялся путем определения в них нитрат-, нитрит- и аммонийных ионов, содержащих биодоступный элемент Азот, который также относят к макробιοгенным, т. е. элементам, необходимым биоте в больших количествах для выполнения биогеохимических функций [2]. Относительно естественного присутствия NH_4^+ , то оно характерно для глубинных артезианских вод с низким Eh , а также кристаллических интрузивных, эффузивных и песчано-сланцевых пород и может привести к формированию гидрогеохимических аномалий [2]. Наличие NH_4^+ в поверхностных водах объясняется восстановительной реакцией разложения органического вещества в результате анаэробной деятельности, а содержание NO_3^- — окислительной реакцией аэробных бактерий [3]. Однако, если содержание нитратов в водах питьевого назначения ограничивается ПДК 45 мг/л, а ионов аммония (по азоту) — концентрацией 2 мг/л, то присутствие нитрит-ионов вообще недопустимо [4].

Общезвестная проблема качества питьевой воды в г. Одессе и ее области ставит актуальную и важную задачу биогеохимического тестирования и сравнения качества вод разных водных объектов по вышеперечисленным ингредиентам. Результаты анализа проб воды из разных источников Одесской области представлены в табл. 1.

Анализ результатов контроля качества воды, взятой из разных источников на территории Одесской области в 2009 г. в осенний период, однозначно показывает присутствие в них нитрит-ионов, причем даже в фасованной питьевой «Моршинской». Особенно велики их концентрации в воде колодцев с. Кислицы (6 мг/л), канала пгт Беляевка (3 мг/л) и подземного ключа о-ва Китай (3 мг/л); относительно удовлетворительная ситуация воды артезианской скважины

ны с. Староказачье (0,1 мг/л). При сохранении такой тенденции опасность этих вод для населения очевидна. Тревога усугубляется двумя факторами опасности, во-первых, попадание NO_2^- с водой в организм млекопитающих и человека приводит к образованию канцерогенных нитрозаминов в реакциях этих ионов с пищевыми продуктами, содержащих аминокислоты [5], по схеме:



во-вторых, нитритное отравление особенно опасно для маленьких детей в связи с их предрасположенностью к метгемоглобинемии.

Таблица 1.

Результаты анализа проб воды разных источников Одесской области

Азотсодержащий ион		NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+ (по азоту)
Концентрация азотсодержащих ионов (мг/л) в пробах воды указанных источников	река Днестр	0,020		0,500
	река Дунай	0,020	0,500	0,500
	Канал, пгт Беляевка	3,000	5,000	1,000
	Водовод, г. Одесса	0,002		0,050
	Водовод, г. Килия	0,010	0,500	0,500
	Подземная вода (колодец), с. Кислицы Килийского р-на	6,000	30,000	3,000
	Подземный ключ, о-в Китай Килийского р-на	3,000	10,000	0,600
	Подземная вода (колодец), с. Кубей Болградского р-на	0,010	5,000	0,500
	Артезианская скважина, с. Староказачье Б-Днестровского р-на	0,100	5,000	1,000
	Питьевая вода торговой марки «Моршинская»	0,002	0,050	0,070

Концентрации нитрат-ионов исследуемых проб достаточно далеки от ПДК и по этому показателю воды вполне удовлетворительны, исключение составляют подземная вода с. Кислицы и ключевая вода о-ва Китай, в которых содержание ионов NO_3^- (30 и 10 мг/л, соответственно) приближается к санитарно-гигиеническому порогу и свидетельствует о неблагоприятном состоянии подземных вод. Анализируя содержание азотсодержащих ионов в этих водах также необходимо учесть наибольшие концентрации по показателю нитрит-ионов.

По данным анализа наибольшее приближение к ПДК имеют концентрации NH_4^+ для вод всех источников, за исключением воды торговой марки «Моршинская».

Экспериментальная часть. Концентрацию ионов NO_2^- и аммонийного азота устанавливали электрофотокolorиметрическим ме-

тодом на приборе ФЭК-56 в кювете толщиной 3 см с зеленым светофильтром ($\lambda = 540$ нм). Фон — дистиллированная вода. Содержание NO_3^- -ионов определяли визуально на предметном стекле по интенсивности синего окрашивания, при действии на пробу воды дифениламина в присутствии конц. H_2SO_4 .

Определение нитритов. В основе определения ионов NO_2^- лежит аналитическая качественная реакция с использованием реактива Грисса-Илосвая и фиксацией продуктов, окрашенных в зависимости от концентрации определяемого иона от слабо-розового до красного цвета [5].

Определение нитратов проводили по методике [6].

Определение ионов аммония производили с помощью реактива Несслера (раствор HgI_2 , KI и KOH в дистиллированной воде с образованием щелочного раствора $K_2[HgI_4]$), который в зависимости от концентрации NH_4^+ вызывает окрашивание от желтого до кирпичного цвета, обусловленное образованием иодида оксидимеркураммония $[NH_2OHg_2I]$ [7]. Предварительно установленная жесткость вод соответствовала классам средней (> 3 ммоль/л), жесткой (> 6 ммоль/л) и очень жесткой (> 11 ммоль/л), поэтому на объем пробы воды 100 мл для устранения солей Ca^{2+} и Mg^{2+} , мешающих определению NH_4^+ , предварительно добавляли раствор сегнетовой соли в количестве 0,2 мл.

Определениям ионов NH_4^+ и NO_2^- предшествовало построение калибровочных графиков в координатах $D = f(m_N)$ и $D = f(m_{NO_2^-})$, соответственно, где D — показания оптической плотности стандартных растворов NH_4Cl ; m_N — рассчитанная масса азота в стандартных растворах NH_4Cl ; $—$ концентрация ионов NO_2^- в стандартных растворах $NaNO_2$.

Расчет массовой концентрации аммиачного азота (C_N) и нитрит-ионов ($C_{NO_2^-}$) проводили по формулам:

$$C_N = \frac{m(N) \cdot 1000}{V} \quad \text{и} \quad C_{NO_2^-} = \frac{m(N_2^-) \cdot 1000}{V} \quad , \text{ мг/л}$$

где $m(N)$ и $m(NO_2^-)$ — массы N или NO_2^- на калибровочных графиках, соответствующие оптическим плотностям анализируемых проб воды; V — объем пробы воды.

Литература

1. Кліменко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. — К.: Академія, 2006. — 360 с.

2. Трофимов В. Г. Экологические функции литосферы. — М.: МГУ, 2000. — 432 с.
3. Мітрясова О. П. Хімічні основи екології. — К.: Ірпінь, 1999. — 192 с.
4. ДСТУ 3041-95, 2928-00, 878-93.
5. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів. — К.: КНТ, 2007. — 288 с.
6. Алексин О. А. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеоздат, 1973. — С. 98.
7. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод. — М.: Химия, 1971. — С. 111.

*А. В. Чугай,
О. В. Атанасова*

ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧОК ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Запаси поверхневих вод на території Одеської області розподіляються нерівномірно. Всього в області налічується 1134 малих річок та струмків. Більшість земель водного фонду зосереджені в південно-західній та південній частинах області, а саме: в Тарбунарському районі (46821 га), Ренійському (33019 га), Білгород-Дністровському (29475 га), Кілійському (21332 га), Комінтернівському (17050 га), Біляївському (15479 га) та Овідіопольському (14297 га) районах. Це пояснюється наявністю на цій території великих рік Дунай та Дністер, а також морських лиманів. Найменше земель водного фонду налічується в північній частині області: у Фрунзівському районі (138 га), Ананіївському (317 га), Кодимському (366 га), Красноокнянському (402 га) та Великомихайлівському (429 га) районах. Але забезпечення питного водопостачання у північній частині області, незважаючи на велику різницю з південною, значно краще. Це пояснюється запасами прісних підземних вод, що не характерно для півдня Одещини.

Відповідно, досить нерівномірно розподіляється навантаження на поверхневі води області, що обумовлює формування якості вод [1-3].

Матеріали та методи дослідження. Для оцінки якості вод річок Одеської області використані матеріали спостережень за гідрохімічними показниками у 2000-2007 рр. (за матеріалами Облводгоспу, в Одеській області близько 13 річок) за методикою оцінки якості води водних об'єктів за гідрохімічними показниками [4]. Дана

методика широко застосовується при проведенні досліджень якості води, в тому числі і в Україні.

Основними етапами оцінки є наступні:

1. Встановлення міри стійкості забруднення.

Як міра стійкості забруднення використовується величина повторюваності випадків перевищення ГДК:

$$H_i = \frac{N_{ГДК}}{N_i}, \quad (1)$$

де H_i — повторюваність випадків перевищення ГДК по i -му інгредієнту; $N_{ГДК}$ — число результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його гранично допустиму концентрацію; N_i — загальне число результатів аналізу по i -му інгредієнту.

Відповідно виділені наступні характеристики забруднення (табл. 1).

Таблиця 1.

Класифікація води водних об'єктів за ознаками повторюваності випадків забрудненості

Повторюваність, %	Характеристика забруднення води	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0; 10	одинична	a	1
10; 30	нестійка	b	2
30; 50	стійка	c	3
50; 100	характерна	d	4

2. Встановлення рівня забруднення.

Мірою рівня забруднення є показник кратності перевищення ГДК:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (2)$$

де K_i — кратність перевищення ГДК по i -му інгредієнту; C_i — концентрація i -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм³; $C_{ГДК}$ — гранично допустима концентрація i -го інгредієнта, мг/дм³.

Виділяють чотири ступеня рівня забруднення (табл. 2).

По кожному з урахованих інгредієнтів отримують узагальнені оцінки якості води за визначений термін часу. Узагальненим характеристикам присвоєно узагальнені оціночні бали S_j , отримані як підсумок за окремими характеристиками. Значення узагальненого оціночного балу по одному інгредієнту може коливатися в різних за якістю водах від 1 до 16.

Таблиця 2.

Класифікація води водотоків за рівнем забрудненості

Кратність перевищення нормативів	Характеристика рівня забруднення	Часткові оціночні бали	
		виражені умовно	абсолютні значення
0; 2	низький	a_j	1
2; 10	середній	b_j	2
10; 50	високий	c_j	3
50; 100	дуже високий	d_j	4

3. Визначення якості води.

Якість води водного об'єкта визначається через комплексний показник, одержаний складанням узагальнених оціночних балів усіх визначених у створі забруднювальних речовин. Цей комплексний показник називається комбінаторним індексом забрудненості (*КІЗ*):

$$KIZ = \sum_{i=1}^n S_i \quad (3)$$

Встановлення градації якості води відносно її придатності для використання з тією чи іншою метою здійснюється залежно від значення *КІЗ* (табл. 3). Із загального числа показників якості води визначаються лімітуючі показники забрудненості (*ЛПЗ*). До *ЛПЗ* відносять будь-яку забруднювальну речовину, для якої величина сумарного оціночного балу $S_i \geq 11$.

Результати досліджень та їх аналіз. На основі наявних даних проведена оцінка якості вод по *КІЗ*. У табл. 4 наведені значення *КІЗ* та відповідні характеристики якості поверхневих вод Одеської області. В основному якість води характеризувалась як «дуже брудна» (4 клас якості, категорії *a-v*). Виняток становить лише 2002 р., де вода відносилась до 3 класу (категорія *b*) і характеризує стан забрудненості води як «брудна».

На рис. 1 наведено динаміку зміни *КІЗ* для річок Одеської області. Аналіз рис. 1 показує, що за період 2000-2007 рр. ступінь забруднення (і відповідно значення *КІЗ*) збільшилось майже в 2 рази.

Слід відмітити, що найбільший внесок в забруднення поверхневих вод вносили такі показники, як *СПАР* (2000 р.); NO_2^- (2003, 2005, 2006 рр.), *Fe* (2004 р.), *Fe* і NO_2^- (2007 р.).

Висновки. Так, проблема покращення екологічного стану водних ресурсів в Одеській області є однією із важливих задач природоохоронної політики. За останні роки якість поверхневих вод регіону погіршується і характеризується як «дуже брудна».

Таблиця 3.

Класифікація якості води за величиною комбінаторного індексу забруднення

Клас якості води	Розряд класу якості води	Характеристика стану забрудненості води	Величина комбінаторного індексу забрудненості з урахуванням кількості лімітуючих показників забрудненості (ЛПЗ)					
			без урахування числа ЛПЗ	1ЛПЗ (k=0,9)	2ЛПЗ (k=0,8)	3ЛПЗ (k=0,7)	4ЛПЗ (k=0,6)	5ЛПЗ (k=0,5)
I	—	слабко забруднена	1n	0,9n	0,8n	0,7n	0,6n	0,5n
II	—	забруднена	1n; 2n	0,9n; 1,8n	0,8n; 1,6n	0,7n; 1,4n	0,6n; 1,2n	0,5n; 1,0n
III	—	брудна	2n; 4n	1,8n; 3,6n	1,6n; 3,2n	1,4n; 2,8n	1,2n; 2,4n	1,0n; 2,0n
III	а	брудна	2n; 3n	1,8n; 2,7n	1,6n; 2,4n	1,4n; 2,1n	1,2n; 1,8n	1,0n; 1,5n
III	б	брудна	3n; 4n	2,7n; 3,6n	2,4n; 3,2n	2,1n; 2,8n	1,8n; 2,4n	1,5n; 2,0n
IV	а	дуже брудна	4n; 6n	3,6n; 5,4n	3,2n; 4,8n	2,8n; 4,2n	2,4n; 3,6n	2,0n; 3,0n
IV	б	дуже брудна	6n; 8n	5,4n; 7,2n	4,8n; 6,4n	4,2n; 5,6n	3,6n; 4,8n	3,0n; 4,0n
IV	в	дуже брудна	8n; 10n	7,2n; 9,0n	6,4n; 8,0n	5,6n; 7,0n	4,8n; 6,0n	4,0n; 5,0n
IV	г	дуже брудна	10n; 11n	9,0n; 9,9n	8,0n; 8,8n	7,0n; 7,7n	6,0n; 6,6n	5,0n; 5,5n

144

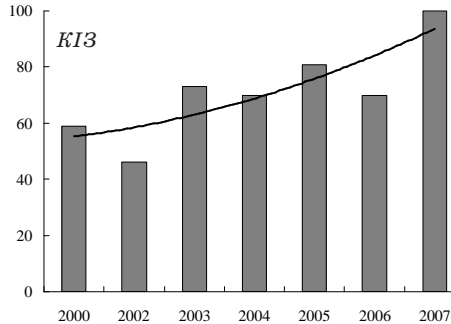


Рис. 1. Динаміка зміни КІЗ поверхневих вод Одеської області

Таблиця 4.

Результати оцінки якості поверхневих вод Одеської області

Рік	Величина КІЗ	Якість води		Характеристика стану забрудненості води
		клас	розряд	
2000	59	4	а	дуже брудна
2002	46	3	б	брудна
2003	73	4	а	дуже брудна
2004	70	4	а	дуже брудна
2005	81	4	б	дуже брудна
2006	70	4	а	дуже брудна
2007	100	4	в	дуже брудна

Шляхами покращення екологічного стану водних ресурсів можуть бути розробка комплексної програми моніторингу, охорони та використання джерел водопостачання населення та якості питної води в регіонах Одеської області; вивчення та впровадження нових сучасних засобів обробки та знезаражування води; вивчення ситуації і розробка прогнозу забезпеченості регіонів області підземними водами та інші.

Література

1. Екологічний паспорт Одеської області за 2007 р. — К.: УкрНДІВЕП, 2008.
2. Водне господарство в Україні / За ред. А. В. Яцика, В. М. Хорева. — К.: Генеза, 2000. — 456 с.
3. Статистичний щорічник Одеської області за 2004 рік / Головне упр. статистики в Одеській області. — Одеса, 2005. — 479 с.
4. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: Ніка Центр, 2001. — 262 с.

*С. П. Нагаєва,
Г. А. Верещинська*

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД МАЛИХ РІЧОК БАСЕЙНУ ДНІСТРА В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Малі річки басейну р. Дністер розташовані в межах південно-східної частини Волино-Подільської височини. Аналіз даних, що характеризують схили долини, пойму і русло річки показує, що значна розораність, еродованість і ухили схилів сприяють змиванню ґрунтів, що у свою чергу викликає зміну режиму рідкого і твердого стоку води. Урбанізація долинних і заплавних територій робить негативний вплив на якість і самоочисну здатність водойм. Вірогідний результат цих процесів в майбутньому — розвиток цвітіння у водоймищах на басейні, зниження їх рибопродуктивності. Зміна якості води зробить вплив на процеси розвитку карсту в басейні [1].

До басейну Дністра в Одеській області відносяться більш 10 малих річок серед них Турунчук, Кучургани, Ягорлик, Окна, Білоч та інші. В роботі виконана оцінка екологічного стану по трьох малих річках — р. Окна, р. Білоч та р. Ягорлик.

За водним режимом досліджувані річки відносяться до східно-європейського типу. Живлення — переважно змішане з переважан-

ням талих і підземних вод. Гідрологічне вивчення режиму річок в цілому незадовільне. Освоєння басейну річок високе. У межах басейнів річок розташовані селища міського типа та села. Крупних промислових підприємств немає.

Стан окремих чинників природного середовища і спрямованість відбуваючихся в ньому процесів, обумовлює загальну екологічну обстановку в басейні, яка в даний час характеризується як задовільна і випробовує зростаюче антропогенне навантаження, яке полягає: в зростанні площі ріллі і інтенсифікації її використання; переважанні монокультур — кукурудзи і цукрового буряка; відкритті земель схилів, особливо у верхній частині; зростанні поголів'я худоби; невиконання умов обвалування ферм і порушенням складу устаткування і оснащення складів отрутохімікатів і добрив; урбанізації природоохоронних зон і відсутністю централізованого водопостачання і каналізації в них. Природний чинник високого ухилу схилів посилює процеси руйнування ґрунту і поширення забруднення при стоці схилу води.

Так, річка Білоч є джерелом водопостачання Писарівського сокофруктового заводу, Кодимського консервного заводу, ст. Кодима Одеської залізниці, ККП м. Кодима, КП СПМК «Укрхліббуд». Вода відноситься до гідрокарбонатного класу, жорсткість її складає 8,8 мг-екв/л. Загальна мінералізація 890 мг/л. Вода у річці Окна також відноситься до гідрокарбонатного класу, с жорсткістю 8,4 мг-екв/л. Загальна мінералізація 744 мг/л. У межах басейну річці розташовано 10 сіл. Великих промислових підприємств немає. Річка Ягорлик є джерелом водопостачання ДКП «Красноокнянський водоканал». Вода у річці також відноситься до гідрокарбонатного класу, жорсткістю 10-12 мг-екв/л. Загальна мінералізація 800-1100 мг/л. В водах річок за даними 2006-2008 рр. спостерігається перевищення ГДК за такими показниками: рН, розчинний кисень, БСК₅, ХСК, завислі речовини, гідрокарбонати, сульфати, кальцій, магній, мінералізація, жорсткість, лужність, кислотність, залізо, фосфати, нафтопродукти, кольоровість та прозорість.

В роботі виконана екологічна оцінка якості вод річок Ягорлик, Окна та Білоч згідно методики Гідрохімічного інституту [3].

Головна мета методу полягає в одержанні оцінки якості води і проведенні на її основі класифікації води за ступенем придатності для основних видів водоспоживання — господарсько-питного, культурно-побутового, а також для рибогосподарських цілей.

Структура методу включає такі основні напрямки обробки аналітичного матеріалу:

- визначення характеру забруднення за величиною умовного коефіцієнта комплексності;
- встановлення рівня і класу якості води за величиною комбінаційного індексу забруднення;
- виділення пріоритетних забруднювальних компонентів за кількістю і складом лімітуючих показників забруднення;
- проведення диференційованої оцінки лімітуючих ЗР.

Коефіцієнт комплексності K характеризує в основному участь антропогенної складової у формуванні хімічного складу води водних об'єктів і визначається за формулою:

$$K = \frac{n'}{n} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

де K — умовний коефіцієнт комплексності забруднення; n' — число інгредієнтів і показників якості, склад яких перевищує встановлені ГДК; n — загальне число нормованих інгредієнтів і показників якості.

З метою встановлення рівня якості води проводиться 3-ступенева класифікація за ознаками повторюваності випадків забруднення, кратності перевищення нормативів, а також з урахуванням характеру забруднення.

Перший ступінь класифікації, як міра стійкості забруднення використовується загальнопоширена в гідрохімічній практиці величина повторюваності випадків перевищення ГДК

$$H_i = \frac{N_{ГДК}}{N_i} , \quad (2)$$

де H_i — повторюваність випадків перевищення ГДК по i -му інгредієнту; $N_{ГДК}$ — число результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його ГДК; N_i — загальне число результатів аналізу по i -му інгредієнту.

Другий ступінь класифікації ґрунтується на встановленні рівня забруднення, мірою якого є показник кратності перевищення ГДК:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}} , \quad (3)$$

де K_i — кратність перевищення ГДК по i -му інгредієнту; C_i — концентрація i -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм³; $C_{ГДК}$ — ГДК i -го інгредієнта, мг/дм³.

За аналізом забруднення води по кратності перевищень нормативів окремою ЗР також виділяють чотири ступеня рівня забруднення, що якісно відрізняються: низький, середній, високий, дуже високий.

При сполученні I і II ступенів класифікації води по кожному з урахованих інгредієнтів отримують узагальнені оцінки якості води, яким присвоєно узагальнені оціночні бали S_i .

Врахування спільного впливу факторів здійснюється в заключному, **третьому ступені класифікації** через комплексний показник комбінаторним індексом забруднення (*KIЗ*):

$$KIЗ = \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

Заключний етап класифікації здійснюється на основі величини *KIЗ*. Виділяють 4 класи якості води: слабо забруднена, забруднена, брудна, дуже брудна.

Виділення пріоритетних забруднювальних компонентів по кількості і складу лімітуючих показників. Із загального числа врахованих інгредієнтів і показників якості води визначаються лімітуючі показники забруднення (ЛПЗ). Це такі інгредієнти і показники, що значно погіршують якість води до класу «недопустимо брудна». До ЛПЗ відносять будь-яку ЗР, забрудненість води якою визначається як «стійка дуже високого рівня» або «характерна високого і дуже високого рівня». Величина сумарного оціночного балу за таким інгредієнтом дорівнює чи більше 11.

Лімітуючі показники забрудненості оцінюються поінградієнтно. Для одержання якісної оцінки ЛПЗ використовується класифікація води водних об'єктів [5]. Результати екологічної оцінки якості вод річок Ягорлик, Окна та Білоч згідно формул (1-4) представлені в табл. 1.

Таблиця 1.

Екологічна оцінка якості вод малих річок Ягорлик, Окна, Білоч

Річка	Клас	Розряд	Якість	Рівень забруднення	Міра стійкості
Ягорлик	2	-	забруднена	середній	характерна
Окна	3	A	брудна	середній	характерна
Білоч	3	A	брудна	середній	характерна

Таким чином, води річки Білоч відносяться до третього класу забруднення з розрядом А та характеризує воду як брудну. По мірі

стійкості води: до характерної міри стійкості відноситься такі показники як температура, прозорість, кольоровість, СПАР, завислі речовини, ХСК та БСК₅. До стійкої міри відноситься тільки кальцій. А усі інші гідрохімічні показники відносяться до одиначної міри стійкості. Рівень забруднення — низький.

Води річки Окна відносяться до третього класу якості, розряд А, тобто вода брудна. По мірі стійкості до характерної відноситься температура, кольоровість, СПАР, мінералізація, кальцій, магній, зависли речовини, азот нітратів, нітрати, ХСК та БСК₅; до стійкої відноситься тільки розчинний сухий залишок; а усі інші — до одиначної міри стійкості. Рівень забруднення: до середнього рівня відноситься — СПАР та завислі речовини, а усі інші до низького рівня забруднення.

Води річки Ягорлик відносяться до другого класу якості вод та характеризуються як забруднені. По мірі стійкості до характерної відноситься температура, кольоровість, СПАР, магній, зависли речовини та ХСК; до стійкої відноситься тільки прозорість та БСК₅; а усі інші до одиначної міри стійкості. Рівень забруднення — низький.

Для поліпшення екологічного стану малих річок Одеської області необхідна розробка та впровадження комплексу гідромеліоративних заходів з урахуванням впливу антропогенних факторів.

Література

1. Мокін В. Б., Мокін Б. І., Бабич М. Я., Лисюк О. Г. Система підтримки прийняття управлінських рішень керівниками водогосподарських організацій для басейну річки Дністер з використанням геоінформаційних технологій. — Вінниця: 2009. — 252 с.
2. Водне господарство в Україні / За ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. — К.: Генеза, 2000.
3. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. — К.: Символ-Т, 1998. — 28 с.

**АНАЛІЗ МІНЛИВОСТІ БІОГЕННОГО СТОКУ Р. ДУНАЙ
(2004-2008 рр.)**

Вступ. Дунай — друга за величиною річка Європи, її водозбірний басейн простягається на 817 тис. км², а середньорічний стік (216 км³) становить 60 % загальної величини надходження річкових вод у Чорне море. Антропогенний вплив, а саме сільське господарство, комунальні стоки міст, промислові стоки, призвели до надлишкового надходження в води Дунаю забруднюючих речовин — нафтопродукти, важкі метали та інші, а також біогенних речовин — переважно солей азоту і фосфору, які призводять до евтрофування.

Українське Придунав'я (Ренійський, Болградський, Ізмаїльський, Кілійський і Татарбунарський райони) є аграрно-орієнтованим регіоном, в якому сільське господарство є основним джерелом забруднення навколишнього середовища. Вплив тваринництва є значимим і інтенсивним за обсягами потоку речовини. Неорганізоване зберігання відходів тваринництва, перевищення сільськогосподарських норм при внесенні органічних добрив на поля призводить до змиву біогенів (в першу чергу сполук азоту та фосфору) і потраплянню їх у Дунай і придунайські водойми (озера Кагул, Ялпух і Кугурлуй, Катлабух, Китай та ін.), а також забруднення ґрунтових вод.

Об'єкт дослідження. Найбільша транспортна артерія Центральної та Південно-Східної Європи — річка Дунай має довжину 2850 км, з яких понад 2740 км (від м. Ульм в Німеччині до гирла) використовуються для судноплавства. Географічно річка Дунай розділяється на три частини: Верхній Дунай, довжиною від витоку 1060 км; Середній Дунай, протяжністю 860 км; Нижній Дунай, протяжністю 930 км.

Дунай впадає в Чорне море, в якому коливання рівнів, обумовлене астрономічними причинами, практично відсутнє. Ця обставина в поєднанні з тим, що північно-західна частина моря відносно мілководна, призводить до того, що друга в Європі за площею водозбору і водності річка, що виносять в море мільйони тонн наносів на рік, будує в своєму гирлі велику дельту. Однією з особливостей дельт такого типу є те, що в гирлах відносно глибоководних, утворюються мілини (гирлові бари), глибина над вершиною яких не перевищує 1,5-2 м. Тому в дельтах таких рік для проходу морських судів будують штучні судноплавні траси.

Гирлова область Дунаю являє собою складну гідрографічну систему, яка включає в себе кілька великих, пов'язаних між собою, елементів: придельтову ділянку Дунаю від гирла р. Прут до вершини дельти; руслову мережу дельти — сукупність природних (рукавів, проток) і штучних водотоків; придунайські озера-лимани, що прилягають до придельтової ділянки річки; дельтові (в середині дельти) озера; придельтові озера-лимани; придельтові (біля моря) озера-лагуни; гирлове взмор'є.

Верхньою межею (вершиною) придельтової ділянки Дунаю (гирлової області Дунаю і гирлової ділянки річки в цілому) може вважатися гирло р. Прут, що знаходиться в 170,3 км від гирлового створу рукава Прорви, від якого йде відлік кілометражу по Кілійському рукаву і Нижньому Дунаю. Відстань від порту Сулина (гирло Сулинського рукава) до гирла р. Прут становить 72,5 морські милі. Верхня межа придельтової ділянки Дунаю визначена по дальності поширення нагонів під час межені. Придельтова ділянка Дунаю є однорукавною, великих закрутів не має. Її довжина складає 54,3 км, ширина — приблизно 800 м, середня глибина — близько 9,0 (під час межені) і 11,0 м (під час повені). Обидва береги придельтової ділянки Дунаю в низинних місцях обваловані. В вершині дельти (Ізмаїльському Чаталі) Дунай розділяється на два рукави — Кілійський (лівий) і Тульчинський (правий). Тульчинський рукав в Георгіївському Чаталі розділяється на два рукави — Сулинський (лівий) і Георгіївський (правий). Рукава Кілійський, Тульчинський, Сулинський і Георгіївський вважаються основними рукавами дельти. Кілійський рукав є прямим продовженням Дунаю в межах дельти і найбільш водоносним рукавом, тому його можна вважати головним рукавом дельти.

Руслова система Кілійського рукава складається з трьох ділянок. Перша ділянка включає звивисте русло рукава від його витоку (Ізмаїльського Чаталу) до витоку рукава Кислицького та першу внутрішню дельту Кілійського рукава, яка в даний час складається з рукавів Кислицького (відмираючого), основного Середнього (Кілійського) та Іванешть (друга назва Татару). У районі м. Кілія відгалуження Кілійського рукава знову збираються в єдине русло, чому сприяє Кілійська гряда, розташована впоперек течії рукава [3]. Друга ділянка Кілійської руслової системи включає коротке єдине русло нижче м. Кілія й рукави другої внутрішньої дельти Бабина (з Черновкою), Прямий і Соломонів. У районі м. Вилкове, де

Кілійський рукав перетинає систему стародавніх піщаних морських гряд Жебриянська-Летя, русло знову стає єдиним. На даній ділянці від Соломонова рукава вліво відходить великий регульований канал Дунай-Сасик [1]. Третя ділянка Кілійського рукава починається нижче м. Вилкове і складається із складної і динамічної системи рукавів зовнішньої (морської), або Кілійської дельти. Руслова мережа Кілійської дельти складається з двох основних підсистем — Очаківського рукава (лівого) та Старостамбульського рукава (правого).

Теоретичні відомості. Вуглець, кисень, водень, азот у формі нітратів, фосфор у формі фосфатів відносяться до елементів живлення, тобто це «їжа», необхідна для росту і розвитку рослин. У невеликих кількостях їм потрібні також і інші елементи, зокрема залізо, мідь і кальцій, проте фосфати і нітрати займають тут особливу роль, тому що поодиночі або разом — вони зазвичай є лімітуючими факторами в природних незабруднених водоймах. Водойми з великою кількістю цих необхідних рослинам елементів називають евтрофними. Відносно високі концентрації елементів живлення в евтрофних водоймах дозволяють розвиватися в них величезній кількості водних рослин, зокрема фітопланктону. Швидко зростаюча популяція мікродоростей викликає так зване «цвітіння» води [1].

Азот, фосфор та інші біогенні елементи та їх сполуки надходять у водні об'єкти в результаті змиву мінеральних і органічних добрив з полів; випадання кислих опадів; скидання стоків, що містять миючі засоби, компоненти яких виготовлені на фосфорній основі; стоків тваринницьких комплексів, побутових та інших вод. У землеробських районах сільське господарство є основним забруднювачем водних об'єктів. Стоки з сільськогосподарських полів надходять у водні об'єкти розосереджено або неорганізовано і тому майже не піддаються очищенню. Обсяги стічних вод тваринницьких комплексів перевищують побутові. Комплекс з 100 тис. голів великої рогатої худоби забруднює середовище так само, як місто з мільйонним населенням [3].

Евтрофування полягає в збагаченні води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором, внаслідок чого зростає первинна продукція органічної речовини завдяки інтенсифікації фотосинтезу водоростей і вищих водних рослин. Вміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватися внаслідок автохтонних процесів (природне евтрофування) — розкладу органічних речовин,

азотфіксації та переходу у воду біогенних елементів, похованих у донних відкладеннях, і внаслідок надходження біогенних речовин ззовні, з алохтонних джерел (антропогенне евтрофування) — вимивання з полів, надходження стічних вод тваринницьких комплексів, комунально-побутових і промислових стічних вод, які несуть значну кількість азоту і фосфору. Причиною прискореного евтрофування може стати зарегулювання річкового стоку, коли велика кількість біогенних елементів вимивається з затоплених ґрунтів.

Основними ознаками евтрофування водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості), масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації — при масовому відмиранні водоростей та інших організмів. Залежно від кількості біогенів, що надходять у водну екосистему, може прискорюватися перехід оліготрофних водойм в мезотроні та евтрофні.

Водорості і вищі водні рослини під час надходження в водне середовище азоту і фосфору здатні накопичувати ці елементи в значних кількостях. Нарощування біомаси фітопланктону в певній мірі позитивно впливає на функціонування водних екосистем: підвищується кормова база для гідробіонтів наступних трофічних рівнів, чисельність і біомаса гетеротрофів. Але з плином часу між нарощуванням біомаси фітопланктону, утворенням органічної речовини і кількістю кисню, що витрачається на біологічну деструкцію і хімічне окислення органічної речовини, виникає дисбаланс. Органічної речовини утворюється більше, ніж можуть розкласти мікроорганізми, тому вона накопичується та забруднює водні маси. В той же час стимулюється подальше зростання біомаси фітопланктону, що ще більше поглиблює і прискорює процес евтрофування.

В евтрофованих водоймах істотно змінюються фізико-хімічні властивості середовища: підвищується вміст біогенних і органічних речовин, знижується рівень насичення води киснем, в придонних шарах води з'являються анаеробні зони, зростає каламутність і зменшується прозорість води. Накопичення надмірної кількості органічних речовин у донних мулових відкладеннях супроводжується утворенням метану, водню, сірководню, аміаку, які можуть виділятися у вигляді бульбашок. При розчиненні у воді ці речовини надають їй неприємний запах і токсично впливають на риб і безхребетних, особливо взимку при наявності крижаного покриву, що сприяє виникненню нестачі кисню у воді і масової загибелі риб.

Аналіз просторової мінливості біогенного стоку р. Дунай.

Спостереження за якістю води в нижній частині річки Дунай за період 2004-2005 рр. ДГМО (м. Ізмаїл) проводилось в Рені, Ізмаїлі, Кілії та Вилкове (табл. 1-3).

Таблиця 1.

Концентрації біогенних речовин (м. Рені, 2 створи)

Роки		2004		2005		2006		2007		2008	
Компо- нент	Створ	Концентрація біогенних речовин, мг/дм ³									
		сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.
NO ₂	1	0,108	0,358	0,105	0,23	0,095	0,184	0,079	0,181	0,076	0,128
	2	0,066	0,066	0,095	0,184			0,059	0,092	0,069	0,095
NO ₃	1	4,870	8,500	5,620	7,620	5,930	9,610	5,360	8,860	5,140	8,460
	2	3,850	3,900	0,840	2,670			5,360	9,340	4,920	8,100
NH ₄	1	0,190	0,480	0,210	0,570	0,130	0,370	0,310	0,750	0,140	0,270
	2	0,130	0,150	0,190	0,410			0,210	0,760	0,190	0,410
Si	2	2,030	3,980	2,920	4,00	2,150	3,550	2,120	4,450	1,850	3,910
P _{заг}	1	0,145	0,256	0,132	0,296	0,102	0,206	0,095	0,162	0,103	0,199
	2	0,232	0,263	0,157	0,358			0,090	0,247	0,102	0,195
PO ₄	2	0,251	0,460	0,248	0,453	0,187	0,306	0,147	0,316	0,153	0,294

Перший створ знаходиться на 2 км вище за течією річки від м. Рені та на 0,5 км нижче впадіння річки Прут, а другий — на 1 км нижче водомірного посту. Аналізуючи дані табл. 1, можна зробити висновок, що нижче впадіння річки Прут в Дунай загалом спостерігається тенденція до зменшення концентрацій усіх біогенних елементів та сполук, крім загального фосфору. Це може бути пов'язане зі збільшенням об'єму води в Дунаї та відповідним розведенням.

Перший створ знаходиться на 10 км вище за течією річки від м. Ізмаїл і на 1 км вище скиду стічних вод Суворовського управління зрошувальними системами (СУЗС). Другий знаходиться в межах міста на 0,5 км нижче скиду стічних вод СУЗС, а третій — на 1 км нижче міста і на 3,7 км нижче водомірного посту. Аналізуючи дані табл. 2, можна зробити висновок, що концентрації біогенних сполук у другому створі вище, ніж у першому. Таким чином, стічні води, що скидаються СУЗС, можуть мати прямий вплив на вміст біогенів у водах річки в межах міста. У третьому створі протягом всього розглянутого періоду спостерігається зниження концентрацій загального фосфору. Концентрації інших елементів не змінюються, або змінюються по-різному.

Таблиця 2.

Концентрації біогенних речовин (м. Ізмаїл, 3 створи)

Роки		2004		2005		2006		2007		2008	
Компо- нент	Створ	Концентрація біогенних речовин, мг/дм ³									
		сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.
NO ₂	1	0,171	0,621	0,099	0,177	0,082	0,158	0,072	0,118	0,072	0,128
	2	0,125	0,401	0,108	0,177	0,099	0,263	0,076	0,125	0,069	0,125
	3	0,141	0,473	0,089	0,276	0,089	0,191	0,076	0,355	0,066	0,112
NO ₃	1	8,410	9,120	5,710	8,410	5,850	9,960	5,850	9,610	5,710	8,330
	2	5,230	10,360	5,800	9,030	5,850	9,300	6,160	9,830	5,800	12,750
	3	5,230	9,080	5,850	9,030	5,540	9,960	6,160	9,390	5,620	10,140
NH ₄	1	0,180	0,390	0,230	0,410	0,130	0,490	0,230	0,690	0,180	0,550
	2	0,210	0,420	0,240	0,730	0,150	0,660	0,210	0,760	0,190	0,530
	3	0,240	0,690	0,270	1,170	0,140	0,460	0,180	0,640	0,210	0,750
Si	2	1,950	3,820	2,970	4,400	1,970	4,750	2,280	5,650	2,330	5,800
P _{заг}	1	0,125	0,243	0,152	0,327	0,106	0,339	0,114	0,192	0,111	0,204
	2	0,123	0,273	0,156	0,327	0,127	0,298	0,130	0,648	0,119	0,256
	3	0,122	0,263	0,149	0,286	0,107	0,256	0,105	0,263	0,098	0,215
PO ₄	2	0,227	0,478	0,282	0,542	0,159	0,389	0,183	0,423	0,178	0,359

Таблиця 3.

Концентрації біогенних речовин (м. Кілія, 3 створи)

Роки		2004		2005		2006		2007		2008	
Компо- нент	Створ	Концентрація біогенних речовин, мг/дм ³									
		сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.
NO ₂	1	0,128	0,306	0,082	0,253	0,085	0,166	0,069	0,123	0,092	0,394
	2	0,128	0,279	0,089	0,191	0,102	0,292	0,069	0,148	0,072	0,128
	3	0,125	0,545	0,082	0,230	0,105	0,503	0,085	0,329	0,072	0,131
NO ₃	1	5,710	11,340	5,710	8,500	5,620	9,700	5,270	9,700	5,000	9,210
	2	5,540	8,410	6,020	10,630	5,310	10,140	4,920	7,930	4,870	8,460
	3	5,800	8,860	6,070	29,790	5,340	10,010	4,740	10,580	4,960	8,860
NH ₄	1	0,150	0,350	0,260	0,590	0,140	0,370	0,230	0,750	0,180	0,410
	2	0,140	0,330	0,280	0,680	0,120	0,310	0,300	0,800	0,190	0,460
	3	0,150	0,230	0,270	0,660	0,130	0,280	0,330	1,130	0,190	0,460
Si	2	2,030	3,550	3,120	4,580	1,950	4,800	1,810	4,750	1,820	5,570
P _{заг}	1	0,030	0,060	0,157	0,276	0,117	0,278	0,090	0,154	0,104	0,199
	2	0,020	0,060	0,154	0,256	0,128	0,285	0,100	0,279	0,106	0,162
	3	0,020	0,070	0,149	0,286	0,129	0,264	0,102	0,226	0,105	0,168
PO ₄	2	0,218	0,368	0,300	0,545	0,147	0,582	0,150	0,493	0,165	0,303

Перший створ знаходиться на 4 км вище за течією річки від м. Кілія та на 1,5 км вище скиду стічних вод ефірномаслового заводу. Другий створ розташований на 6 км нижче міста та на

7,5 км нижче скиду стічних вод Придунайського УЗС, а третій — на 13 км нижче міста та на 0,5 км нижче скиду стічних вод Кілійського УЗС. Аналізуючи дані табл. 3 можна зробити висновок, що прямий вплив стічних вод, що скидаються в Кілійському районі, на вміст біогенних елементів в р. Дунай, відсутній.

Таблиця 4.

Концентрації біогенних речовин (м. Вилкове, 2 створи)

Роки		2004		2005		2006		2007		2008	
Компонент	Створ	Концентрація біогенних речовин, мг/дм ³									
		сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.	сер.	макс.
NO ₂	1	0,125	0,296	0,085	0,174	0,082	0,227	0,076	0,138	0,072	0,135
	2	0,131	0,329	0,079	0,154	0,092	0,184	0,082	0,145	0,066	0,122
NO ₃	1	5,850	10,980	6,160	10,140	5,450	8,810	5,360	10,580	5,360	10,890
	2	5,360	7,090	6,330	10,360	4,650	9,390	4,650	6,950	4,920	9,430
NH ₄	1	0,310	0,540	0,270	0,540	0,180	0,410	0,310	0,710	0,190	0,420
	2	0,230	0,500	0,260	0,590	0,130	0,410	0,330	0,680	0,230	0,540
Si	2	2,060	4,300	3,150	4,650	2,000	4,650	1,910	4,800	1,790	4,430
P _{заг}	1	0,115	0,193	0,160	0,266	0,127	0,292	0,097	0,167	0,108	0,177
	2	0,126	0,222	0,161	0,306	0,121	0,204	0,106	0,184	0,113	0,205
PO ₄	2	0,221	0,429	0,310	0,524	0,165	0,368	0,165	0,346	0,165	0,251

Перший створ знаходиться на 1 км вище за течією річки від м. Вилкове і на 1 км нижче впадіння рук. Соломонова, а другий — на 1 км нижче міста і 0,5 км нижче відгалуження рук. Очаківського. Аналізуючи дані табл. 4, можна говорити про збільшення концентрації загального фосфору в другому створі, у порівнянні з першим, за винятком 2006 року. Концентрації інших елементів змінюються по-різному.

Аналіз часової мінливості біогенного стоку р. Дунай.

Найбільш інтенсивний приріст біогенних сполук у воді річки Дунай відзначався в період з 1958-1960 по 1977-1985 рр. Це був пік розвитку евтрофування вод нижнього Дунаю. Надалі темп приросту мінеральних форм фосфору і азоту знижується, а концентрація органічних речовин збільшується. Збільшення органічних речовин у воді Дунаю спостерігалось в результаті активізації розвитку фітопланктону після будівництва водосховищ [5].

Характерною особливістю для вод Дунаю в період 1993-1996 рр. є якісні і кількісні зміни, що відбуваються з азотними формами. У цілому загальний вміст азоту, по відношенню до 1977-1985 рр., збільшився в 2 рази, при цьому вміст амонійного азоту зменшився в 4 рази, нітритів — в 1,5 рази, а вміст нітратів зберігається на

рівні середньої багаторічної величини. У період 1989-1992 рр. спостерігалось різке зростання концентрацій азоту органічного, при середньому значенні 5,069 мг/дм³, максимальне значення сягало 18,330 мг/дм³. Високі показники вмісту деяких азотних форм у воді Дунаю в 1989-1992 рр. можуть бути пов'язані зі скороченням об'єму річкового стоку до 169,7 км³/рік. Скидання слабо очищених і неочищених стоків у Дунай, при зменшеному обсязі його, ймовірно, сприяло накопиченню в його водах і збільшенню концентрацій нітритів, нітратів, азоту органічного в цей період.

Таблиця 5.

Багаторічна динаміка вмісту біогенних речовин у воді Кілійської дельти Дунаю

Біогенні речовини, мг/дм ³	Періоди (роки)					
	1958-1960	1977-1985	1986-1988	1989-1992	1993-1996	2004-2008
NH ₄	0,248	0,620	0,575	0,441	0,125	0,224
NO ₂	0,012	0,044	0,160	0,118	0,074	0,091
NO ₃	0,530	1,000	1,126	1,626	1,184	5,403
PO ₄	0,071	0,165	0,281	0,233	0,091	0,201
P _{заг}	0,102	0,238	0,380	0,336	0,187	0,112
Si	4,375	3,980	2,571	2,979	2,356	2,164
Стік Дунаю, км ³ /год	179,4	227,7	204,7	169,7	195,1	237,8

Дані спостережень Дунайської ГМО за 2004-2008 рр. показали, що обсяг водного стоку в цей період досяг 237,8 км³/рік, максимальне значення спостерігалось в 2005 р. — 269,36 км³/рік. У цей же період спостерігаються максимальні концентрації нітратів — 5,403 мг/дм³. У порівнянні з 1993-1996 рр. зростає вміст азоту амонійного та фосфатів майже в 2 рази. У порівнянні з даними 1977-1985 рр., коли спостерігався пік розвитку евтрофування, у 2004-2005 рр. наявне зменшення концентрації NH₄ в 3 рази, загального фосфору — в 2 рази, а також збільшення концентрації NO₂ — в 2 рази і NO₃ — в 5 разів.

Вміст кремнію і його динаміка у воді Дунаю в прямому відношенні не залежить від антропогенного впливу. Однак концентрація кремнію у воді Дунаю зменшилася з 4,375 мг/дм³ у 1958-1960 рр. до 2,182 мг/дм³ у 2004-2008 рр. В даний час зберігається тенденція до зменшення концентрації кремнію у воді Дунаю. Це пов'язано з його частковою седиментацією на водосховищах Дунаю, крім того, не виключається збільшення його споживання, як і інших біогенних речовин, фітопланктоном.

Для таких показників, як нітрати, фосфати, загальний фосфор і кремній, максимальні значення концентрацій у воді спостерігаються в 2005 р., що може бути пов'язане з найбільшим значенням стоку ріки. Концентрації цих елементів у 2008 р. починають збільшуватися, в той час як вміст кремнію навпаки зменшується.

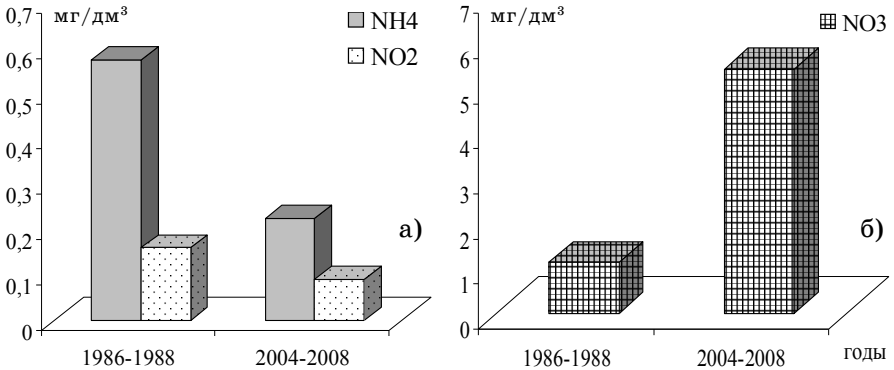


Рис. 1. Мінливість середньорічних значень азоту амонійного, нітритів (а) та нітратів (б) в різні періоди.

Таким чином, аналіз багаторічних даних по стоку річки Дунай показав, що за таким показником як фосфор загальний якість води наближається до 50-60-их років. В останні роки спостерігається відзначається різке зниження вмісту кремнію в воді та деяке збільшення концентрацій інших біогенних сполук в порівнянні з попередніми періодами.

Література

1. Ревелль П., Ревелль Г. Среда нашего обитания: В 4-х кн. — М.: Мир, 1995. — Кн. 2 (Загрязнение воды и воздуха).
2. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Экология. Учеб. — М.: Юнити, 1998. — 455 с.
3. Воронков Н. А. Экология общая, социальная, прикладная. Учеб. — М.: Агар, 1999. — 424 с.
4. Романенко В. Д. Основы гидроэкологии. Учебник. — К.: Генеза, 2004. — 664 с.
5. Александров Б. Г., Зайцев Ю. П., Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И., Берлинский Н. А. Экосистема взморья украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт, 1998. — 213 с.

Резюме

В статье рассматривается проблема содержания биогенных веществ в водах реки Дунай, которые приводят к его эвтрофированию. Анализируется пространственная и временная изменчивость биогенного стока реки.

*А. В. Чугай,
Л. О. Прикуп*

ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА Р. ДУНАЙ

Вступ. Ріка Дунай являється єдиною міжнародною водною магістраллю, яка протікає через Європу і має довжину 2857 км. На території України розташовано біля 1/5 загальної території дельти Дунаю. По адміністративному діленню ця територія знаходиться на території Ренійського, Ізмаїльського і Кілійського районів Одеської області. Дельта Дунаю відрізняється великим ландшафтним різноманіттям. На цій території також розташований Дунайський біосферний заповідник, який включає не лише ландшафтне різноманіття, а й чудовий природний світ з його величними рослинами та тваринами. Регіон характеризується розвинутою інфраструктурою в галузі рекреаційної діяльності, що є показником значного антропогенного навантаження на екосистему р. Дунай.

Матеріали і методи дослідження. В якості вихідних даних в роботі використані матеріали спостережень за гідрохімічними показниками якості вод р. Дунай (м. Ізмаїл) за 2005-2007 рр. (дані Облводгоспу в Одеській області).

Для розрахунку ступеня антропогенного навантаження на р. Дунай використана методика оцінки на основі комплексного показника антропогенного навантаження рік (*КПАН*), який враховує найбільш важливі характеристики рівня забруднення води (x), ступінь використання річного стоку (y), а також ряд інших несприятливих дій на ріки, пов'язаних з господарською і іншими видами діяльності населення (z) [1; 2]. Для розрахунку *КПАН* рекомендується формула:

$$КПАН = x + y + z \quad (1)$$

Окремі елементи (x , y , z) *КПАН* рік обчислюються за розглянутими нижче залежностями, які виражають кратність перевищення даного складового значення відповідних їм нормативам.

Показник забрудненості води x враховує хімічне і бактеріологічне забруднення річкової води і розраховується за формулою:

$$x = \sqrt{x_{\text{хім}} x_{\text{бакт}}} , \quad (2)$$

де $x_{\text{хім}}$ — показник забрудненості води хімічними елементами; $x_{\text{бакт}}$ — показник бактеріологічної забрудненості води.

Показник ступеня використання річкового стоку враховує відношення фактичного ступеню використання річкового стоку до оптимального і визначається за формулою:

$$y = \frac{y_{\phi}}{y_0} , \quad (3)$$

де y_{ϕ} — фактичний ступінь використання стоку річки; y_0 — оптимальна ступінь використання річкового стоку, при якому річка залишається елементом ландшафту і в ній не відбувається несприятливих змін екологічних умов; величина y_0 приймається в якості нормативу використання стоку річки.

Для розрахунку y_{ϕ} пропонують відношення:

$$y_{\phi} = \frac{V}{Q_0} , \quad (4)$$

де V — середньорічний об'єм водозабору із гирлової сітки басейну до розрахункового пункту, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_0 — середній багаторічний стік ріки в розрахунковому створі, $\text{м}^3/\text{с}$.

Значення нормативу навантаження населення на річковий басейн можна отримати і іншим способом і має уточнюватися. Але на першому етапі дослідження в розрахунках показника *КПАН* може бути використано значення $z_0 = 8,4$ тис. чол. на $1 \text{ м}^3/\text{с}$ річного стоку. Тому z приймає вигляд:

$$z = \frac{0,12 H}{Q_0} \quad (5)$$

Вважається, що антропогенне навантаження на річку в цілому не перевищує гранично допустимого рівня тоді, коли значення *КПАН* знаходиться в інтервалі

$$0 < \text{КПАН} \leq 3 \quad (6)$$

Результати дослідження та їх аналіз. В табл. 1 наведені дані про якість вод р. Дунай (м. Ізмаїл) за період дослідження. З табл. 1 видно, що за період 2005-2007 рр. вміст завислих речовин в р. Дунай в пункті спостереження (м. Ізмаїл) значно зменшився на поверхні з 218,6 до 81,09 $\text{мг}/\text{дм}^3$, у дна — з 243,3 до 91,66 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Вміст нітратів, хрому, хлоридів та сульфатів характеризується іншим розподілом — концентрації цих показників збільшуються з кожним роком.

При розрахунку середніх значень груп показників з спільними *ЛОШ* можна відзначити, що в групі загально-санітарної *ЛОШ*, максимальне значення на поверхні відмічалось в 2005 р. (2,78), мінімальне — в 2007 р. (1,43). Максимальне значення в санітарно-токсикологічній *ЛОШ* спостерігається у дна в 2006 р.; мінімальне — на поверхні в 2005 р. Значення органолептичної *ЛОШ* максимальне, як на поверхні, так і на дні ріки, в 2006 р., мінімальне — в 2005 р. і становить 0,085.

Для визначення ступеня використання річного стоку розраховано відношення середньорічного об'єму водозабору із руслової сітки басейну до розрахункового створу та величину середнього багаторічного природного стоку ріки в розрахунковому створі. Середньорічний об'єм водозабору для р. Дунай (для вказаного району дослідження) складає 1155 м³/с, середній багаторічний природний стік ріки в розрахунковому створі — 4817 м³/с.

Необхідно також врахувати чисельність населення, яка проживає в басейні ріки, та норму річного стоку ріки в розрахунковому створі для розрахунку величини *z*.

За даними розрахунку *КПАН* найбільші значення серед показників має ступінь використання річного стоку. Якщо говорити про забрудненість води, то найбільший внесок мають речовини з загально-санітарною *ЛОШ*. Діяльність населення має зовсім незначний вплив на водну екосистему р. Дунай. Всі інші складові не мають великих значень. Тому не спостерігається значного антропогенного впливу на р. Дунай. Розподіл значень *КПАН* для р. Дунай (м. Ізмаїл) наведено на рис. 1.

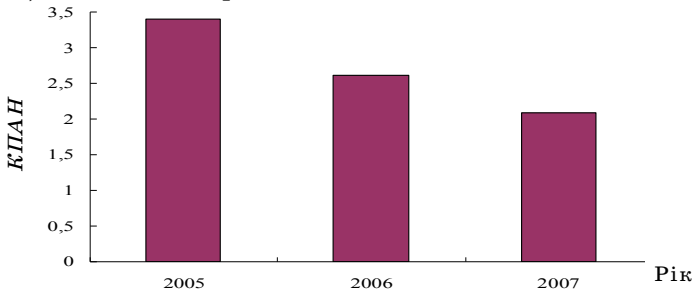


Рис. 1. Значення *КПАН* для р. Дунай (м. Ізмаїл)

Таблиця 1.

Значення показників якості вод р. Дунай (м. Ізмаїл)

Рік	Горизонт	Група показників з спільними ЛОШ									
		загально-санітарна					санітарно-токсикологічна			органолептична	
		<i>pH</i>	завислі речовини, мг/дм ³	<i>BCK</i> ₅ , мг/дм ³	<i>O</i> ₂ , мг/дм ³	<i>Mg</i> , мг/дм ³	<i>NO</i> ₃ ⁻ , мг/дм ³	<i>NO</i> ₂ ⁻ , мг/дм ³	<i>Cr</i> , мг/дм ³	<i>Cl</i> , мг/дм ³	<i>SO</i> ₄ ²⁻ , мг/дм ³
2005	пов.	7,90	218,60	2,38	9,28	12,23	1,060	0,188	0,002	32,40	40,620
	дно	7,91	243,30	1,94	9,05	12,44	1,065	0,197	0,003	32,40	40,620
	пов.	1,21	10,96	0,72	0,43	0,61	0,020	0,004	0,040	0,09	0,081
	дно	1,21	12,16	0,59	0,44	0,62	0,023	0,004	0,060	0,09	0,081
2006	пов.	8,01	132,10	2,37	9,25	16,44	1,360	0,026	0,004	35,30	55,220
	дно	8,01	168,60	2,02	8,98	16,11	1,370	0,028	0,005	35,90	55,220
	пов.	1,23	6,60	0,71	0,43	0,82	0,030	0,008	0,080	0,10	0,110
	дно	1,23	8,43	0,61	0,44	0,80	0,030	0,008	0,100	0,10	0,110
2007	пов.	7,91	81,09	1,59	5,94	15,05	1,370	0,024	0,005	36,50	48,210
	дно	7,98	91,66	2,07	6,03	14,86	1,410	0,024	0,005	35,00	50,750
	пов.	1,22	4,05	0,46	0,67	0,75	0,030	0,007	0,100	0,10	0,096
	дно	1,23	4,58	0,63	0,66	0,74	0,030	0,007	0,100	0,10	0,101

Найбільше значення комплексний показник антропогенного навантаження становив в 2005 р. (3,4), найменше — в 2007 р. (2,09). Згідно з методикою, в 2005 р. антропогенне навантаження перевищувало гранично допустимі рівні. Проте в останні роки ситуація покращилась і характеризується зменшенням навантаження на басейн р. Дунай. Крім того, попередні оцінки якості вод р. Дунай [3] свідчили, що в 2005 р. стан води р. Дунай можна характеризувати як забруднений, але в 2006-2007 рр. стан водної системи покращився.

Висновки. За даними розрахунку *КПАН*, найбільші значення серед показників впливу приймає ступінь використання річного стоку. Максимальний внесок серед показників якості вод мають речовини з загально-санітарною *ЛОШ*. Найбільше значення *КПАН* становив в 2005 р. (3,4), найменше — в 2007 р. (2,09). Тобто в 2005 р. антропогенне навантаження перевищувало гранично допустимі рівні.

В подальшому в роботі планується виконати комплексний аналіз і оцінку ступеня антропогенного навантаження на стан екосистеми р. Дунай з метою рекомендацій щодо розвитку рекреаційної і туристичної діяльності в регіоні.

Література

1. Швобс Г. І., Ігошин М. І. Каталог річок і водойм України: Навч.-довід. посібник. — Одеса: Астропринт, 2003. — 392 с.
2. Мороков В. В. Природно-економічні основи регіонального планування охорони рек від забруднення. — Л.: Гидрометеодиздат, 1987. — 297 с.
3. Прикуп Л. О., Чугай А. В. Оцінка якості вод р. Дунай / Еколого-правові та економічні аспекти техногенної безпеки регіонів. Мат. IV міжнарод. науч.-практ. конф. студентів та молодих учених. — Харків: ХНАДУ, 2009. — С. 47-48.

ОЦІНКА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РІЧКИ ТИСИ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Основними гідроекологічними проблемами притаманними Закарпатській області є проблеми функціонування водопровідних систем, складна ситуація з очисткою господарсько-побутових стічних вод, збільшення обсягів зворотних вод, що потребують очистки, удосконалення очистки побутових стічних вод в неканалізованій місцевості, транскордонне забруднення поверхневих вод, що відбувається в основному за рахунок аварійних ситуацій, насиченість території транспортними комунікаціями, зокрема трубопровідними, незадовільний екологічний стан у водоохоронних зонах і прибережних смугах на потоках і річках [1].

Саме тому дуже важливого значення набуває комплексна оцінка забрудненості поверхневих вод. Сучасні методи комплексної оцінки забрудненості поверхневих вод розрізняються за метою використання, принципами розробки, критеріями оцінки, за обсягом та характером наявної інформації, за способами формалізації даних [2].

В цій роботі оцінка якості річкових вод здійснювалася за методикою розробленою Гідрохімічним інститутом Держкомгідромету колишнього СРСР. Головна ідея цієї методики полягає в одержанні комплексного показника якості води водних об'єктів і виконанні на її підставі класифікації води за ступенем придатності для основних видів водокористування.

Метою даної роботи є гідроекологічна оцінка якості вод басейна р. Тиси за гідрохімічними показниками, вивчення їхньої динаміки за довжиною та використання одержаних результатів для аналізу придатності цих вод для господарсько-питного водокористування.

Для реалізації поставленої мети в роботі використовувалися дані Гідрометслужби України про хімічний склад вод р. Тиси та її основних приток за період 1990-2004 рр. по шести показниках якості води, а саме — фенолах, нафтопродуктах, нітратах, міді, цинку, хрому. Критерієм порівняння слугували господарсько-питні значення ГДК відповідних гідрохімічних показників.

Згідно з методикою Гідрохімічного інституту поетапно виконувалися наступні розрахунки [3]:

- 1) Обчислювалася міра стійкості забрудненості в залежності від величини повторюваності випадків перевищення ГДК H_i за формулою

$$H_i = \frac{N_{ГДК}}{N_i} 100 \% , \quad (1)$$

де H_i — повторюваність випадків перевищення ГДК по i -му інгредієнту; $N_{ГДК}$ — кількість результатів аналізу, в яких вміст i -го інгредієнта перевищує його граничну допустиму концентрацію; N_i — загальна кількість результатів аналізу по i -му інгредієнту.

При аналізі забрудненості за ознакою повторюваності виділяються як якісно помітні наступні характеристики: забрудненість може бути одиничною; нестійкою; мати явно стійкий характер і бути характерною.

- 2) Встановлювався рівень забрудненості за показником кратності перевищення ГДК K_i

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}} 100 \% , \quad (2)$$

де K_i — кратність перевищення ГДК по i -му інгредієнту; C_i — концентрація i -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм³; $C_{ГДК}$ — гранично допустима концентрація i -го інгредієнта, мг/дм³.

При аналізі забрудненості води водних об'єктів за кратністю перевищення нормативів окремою забруднювальною речовиною виділяються чотири якісно помітні ступені рівня забрудненості: забрудненість низького рівня; середнього рівня; високого і дуже високого рівнів.

- 3) При поєднанні I і II етапів класифікації води по кожному з інгредієнтів, знаходилися величини узагальнених оцінних балів S_i , що умовно відповідають ступеню їхнього впливу на якість води за певний часовий інтервал [3].
- 4) Обчислювалися значення комбінаторного індексу забрудненості для господарсько-питного виду водокористування $KІЗ$

$$KІЗ = \sum_{i=1}^n S_i \quad (3)$$

- 5) Завершальний етап класифікацій здійснювався на підставі величини комбінаторного індексу забрудненості. Оскільки величина $KІЗ$ в значному ступені, залежить від кількості інгредієнтів,

встановлення градацій якості води щодо її придатності для використання з тією або іншою метою здійснюється в залежності від їх кількості [3]. За величиною комбінаторного індексу забрудненості і кількістю врахованих в оцінці інгредієнтів якості води, вода належить до того або іншого класу якості. Виділяють чотири класи якості води: слабо забруднена; забруднена; брудна; дуже брудна.

Із загальної кількості врахованих інгредієнтів і показників якості води водних об'єктів визначаються лімітовні ознаки забрудненості (ЛОЗ). До лімітовних ознак забрудненості води належить будь-яка забруднювальна речовина, забрудненість води якою визначається як «стійка дуже високого рівня» або «характерна високого і дуже високого рівнів».

Аналіз одержаних результатів оцінки якості води показав, що концентрації хрому за досліджуваний період перевищували максимально допустиме значення ($0,05 \text{ мг/дм}^3$) в 12 разів у 1990 р. на в/п р. Латориця - м. Мукачеве; у 1990 та 1991 р. на в/п р. Уж - м. Перечин, р. Уж - м. Ужгород; у 1992 на в/п р. Уж - Ужгород; у 1993 р. на в/п р. Тиса - м. Тячів. Концентрації цинку за досліджуваний період перевищували максимально допустиме значення ($1,0 \text{ мг/дм}^3$) в 11 разів у 1992 р. на в/п р. Тиса - м. Тячів. Концентрації міді за досліджуваний період перевищували максимально допустиме значення ($1,0 \text{ мг/дм}^3$) в 9 разів у 1992 р. на в/п р. Тиса - м. Тячів. Концентрації нафтопродуктів за досліджуваний період перевищували максимально допустиме значення ($0,1 \text{ мг/дм}^3$) в 10 разів у 1992 р. на в/п р. Тиса - м. Перечин. Концентрації фенолів за досліджуваний період перевищували максимально допустиме значення ($0,001 \text{ мг/дм}^3$) в 9 разів у 1991 р. на в/п р. Уж - м. Перечин.

Основними ЛОЗ у водах річки Тиси були виявлені метали: цинк, мідь і хром, оскільки величина узагальнених оцінних балів $S_i > 11$.

В табл. 1 наведені розраховані максимальні, мінімальні та середні значення KIZ за багаторічний період (1990-2004 рр.). Аналізуючи табл. 1 можна відмітити, що серед максимальних значень виділяються два екстремальних випадки: в гірському районі басейна р. Тиси — найбільше значення KIZ спостерігалось на посту р. Репінка - с. Репіне і складало 69 балів, найменше значення — на посту р. Ріка - с. Майдан — 32 бали. В той же час зміна максимальних значень KIZ для інших досліджуваних постів характеризується більш-менш рівномірними коливаннями. Максимальні зна-

чення *KIЗ* відповідають IV класу якості та характеризують воду як дуже брудну.

Таблиця 1.

Значення *KIЗ* по постах басейна р. Тиси за період 1990-2004 рр., в балах

№	Річка – пост	<i>KIЗ</i> _{сер}	<i>KIЗ</i> _{макс}	<i>KIЗ</i> _{мін}
1	р. Чорна Тиса – смт Ясіня	35,40	52,0	21,0
2	р. Біла Тиса – с. Луги	32,60	46,0	21,0
3	р. Тиса – м. Рахів	37,45	61,0	19,0
4	р. Шопурка – с. Великий Бичків	42,10	52,5	29,0
5	р. Тиса – м. Тячів	37,30	63,0	19,0
6	р. Тересля – с. Колочава	27,90	59,0	17,0
7	р. Тиса – м. Хуст	36,10	55,0	21,0
8	р. Репінка – с. Репіне	28,60	69,0	14,0
9	р. Ріка – с. Майдан	19,30	32,0	6,0
10	р. Ріка – смт Вілків	27,40	48,0	9,5
11	р. Тиса – смт Вілок	37,40	59,0	19,0
12	р. Боржава – с. Шаланки	42,50	59,0	33,0
13	р. Латориця – с. Підполоззя	31,90	47,0	19,0
14	р. Віча – с. Неліпино	45,20	65,0	24,0
15	р. Латориця – с. Свалява	30,90	49,5	19,0
16	р. Латориця – м. Мукачеве	45,20	65,0	25,0
17	р. Латориця – м. Чоп	36,40	55,0	19,0
18	р. Тиса – м. Чоп	40,20	57,0	19,0
19	р. Уж – м. Перечин	42,05	65,0	12,5
20	р. Уж – м. Ужгород	33,90	48,5	22,0

На рис. 1 наведено динаміку зміни максимальних, мінімальних та середніх значень *KIЗ* за довжиною р. Тиси (за даними табл. 1).

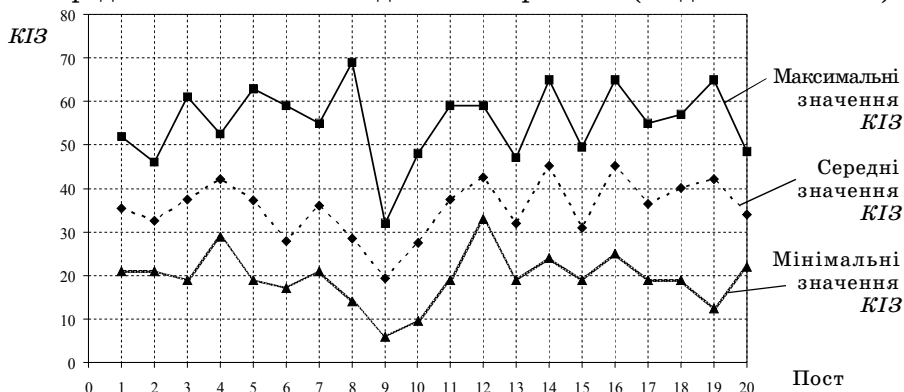


Рис. 1. Динаміка зміни *KIЗ* за довжиною р. Тиси

У зміні середніх значень *KIЗ* також яскраво виділяється пост р. Ріка - с. Майдан, на якому спостерігається найменше його значення в 19,3 бали. Максимальні значення відрізняються не дуже сильно і декілька разів повторюються за довжиною, коливаючись приблизно від 40 до 45 балів. Середні значення *KIЗ* в основному характеризують воду як брудну, тобто III класу якості та дуже брудну, тобто IV класу якості.

Хід зміни мінімальних значень в цілому повторює коливання максимальних і середніх. Тут також особливо виділяється пост р. Ріка - с. Майдан, на ньому значення *KIЗ* було найменшим і складало всього 6 балів. Максимальним значенням *KIЗ* характеризувався пост р. Боржава - с. Шаланки (33 бали). Мінімальні значення *KIЗ* характеризують перехід води від слабко забрудненого стану (I клас якості) до дуже забрудненого (IV клас якості).

Висновки. На підставі гідроекологічної оцінки якості поверхневих вод басейна р. Тиси за сучасний період, виконаної за допомогою методики оцінки якості води водних об'єктів за гідрохімічними показниками, можна відзначити, що досліджуваний період характеризується невеликою амплітудою коливань показника якості *KIЗ*. Основними лімітовними ознаками забруднення в водах цих річок виявлено метали.

Підсумовуючи одержані результати про якість вод р. Тиси та її приток за період з 1990 по 2004 рр., можна зробити висновок про те, що водотокам найчастіше привласнюється IV клас якості води, інколи — III клас, що характеризує стан забрудненості водотоку як дуже брудний і брудний, а його використання для господарсько-питних потреб населення — як не придатне. Однак, дуже рідко в гірській частині басейна спостерігається I клас якості (стан води слабко забруднений). Така вода придатна для господарсько-питного водокористування з очищенням.

Література

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2007 р. / Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Закарпатській області. — Ужгород, 2008. — 105 с.
2. Кирилюк М. І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат. Навч. посібник. — Чернівці: Рута, 2001. — 246 с.

3. Емельянова В. П., Данилова Г. Н., Колесникова Т. Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохимические материалы. — 1983. — Т. LXXXVIII. — С. 119-129.

УДК 556.06

*Є. Д. Гопченко,
Ж. Р. Шакірзанова*

**ДОВГОСТРОКОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ВОДНОСТІ
ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ТА ОЦІНКА ЙОГО
НАПОВНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИМИ ВОДАМИ
У ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД РОКУ**

Вступ. Хаджибейський лиман — найбільш великий із закритих одеських лиманів, який утворився в результаті затоплення морем гирлової ділянки річки Малий Куяльник при опусканні приморської смуги суші. Довжина його, за даними різних джерел [1-4], складає 33-40 км, ширина — 0,5-3,5 км, середня глибина — близько 4-5 м, при максимальних її значеннях — до 13-17 м в середній частині лиману. Площа водного дзеркала змінюється в широких межах, середнє її значення близьке до 100 км², об'єм води при цьому становить приблизно 400 млн. м³, площа водозбору — 2,5-2,7 тис. км².

Сучасний гідрологічний режим Хаджибейського лиману обумовлений природними і антропогенними факторами та характеризується з початку минулого століття його господарським використанням при найбільшому антропогенному навантаженні в останні десятиріччя. Інтенсивне скидання у лиман стічних вод м. Одеси (СБО «Північна») призвели до суттєвого підвищення рівнів води в ньому, що стало загрозою руйнування дамби, яка відокремлює лиман від моря, та затоплення житлових територій і підприємств району Пересипу (загальною площею 25 км²), особливо у катастрофічні за водністю роки, зокрема, як це було навесні 2003 та 2006 рр.

Розрахунки і прогнози гідрологічних характеристик весняного водопілля взагалі для лиманів замкнутого типу Одеської області мають важливе значення у зв'язку з необхідністю регулювання режиму води у водоймах. Однак, в межах розташування лиманів практично відсутня гідрологічна мережа спостережень, тому методична база прогнозування характеристик весняного водопілля і дощових па-

водків недостатньо розроблена. Немає рекомендацій й для оцінки повторюваності прогностичних величин у багаторічному розрізі.

Матеріали і методи дослідження. Щоб уявити ступінь важливості проблеми, яка розглядається, було досліджено гідрологічний режим лиману на тривалому часі. Встановлено, що у рівневому режимі лиману існує періодичність: так, наприкінці минулого століття лиман перебував у стадії висихання, і його рівень знизився на 3,81 м нижче рівня моря [5]. З 1884 р. у нього почали скидати трансформовані стічні води з полів зрошення. Але тоді, за наявності гідравлічного зв'язку з морем, рівні води лиману були ще не високими — нижчими за рівні моря на 2,5-4,5 м, тобто не перевищували відмітки мінус 1,97 м БС (при статичному рівні моря на відмітці мінус 0,38 м БС).

Після відокремлення лиману від моря піщаною дамбою-пересипом з 1932 по 1969 рр. рівні води в лимані зросли до критичних позначок (на рівні плюс 2,21 м БС), що стало загрозою руйнуванню дамби і затопленню прилеглих територій. Тоді за інженерним проектом інституту «УкрПівдендипроводгосп» при створенні насосної станції вдалося знизити рівні води в лимані до відмітки рівня моря (мінус 0,4 м БС) до 1972 р. [6].

За даним проектом був встановлений розрахунковий горизонт щорічного спрацювання водойми перед весняним водоїллям, тобто підтримання нормального підпертого рівня (НПР) на відмітці мінус 0,5 м БС. Крім того, за нормальним режимом роботи скидної системи обмежений максимальний рівень води у лимані на відмітці плюс 1,57 м БС, а по цих розрахункових рівнях води для нормального функціонування автомобільної дороги, відповідно СНіПу за умови вітряно-хвильових навантажень, призначена й відмітка гребеня дамби, яка дорівнює плюс 3,1 м БС. В наступні, після 1972, роки, у зв'язку з нерегулярним перекиданням частини води з лиману в море, його рівень став підвищуватись.

В роботі досліджено багаторічний хід рівнів води Хаджибейського лиману за період з 1971 року і по теперішній час. Сумісний хронологічний графік середніх за місяці року та річних рівнів води (рис. 1) показав, що при незначному коливанні рівнів води для різних місяців і року, починаючи з 1973 р., рівень води в лимані доволі інтенсивно почав зростати і утримувався на високих позначках (в межах плюс 1,57-1,94 м БС) протягом періоду 1985-2002 рр. В деякі роки (1985, 1989, 1992, 1996) небезпечні позначки максимального рівня води доходили до плюс 2,02-2,09 м БС.

Такий хід рівнів води підтримувався регулюючою дією насосної станції «лиман-море», яка здійснювала скиди комунальних вод СБО «Північна» у водойму лиману у теплу пору року — з квітня по жовтень у розмірі 42 млн. м³ [6].

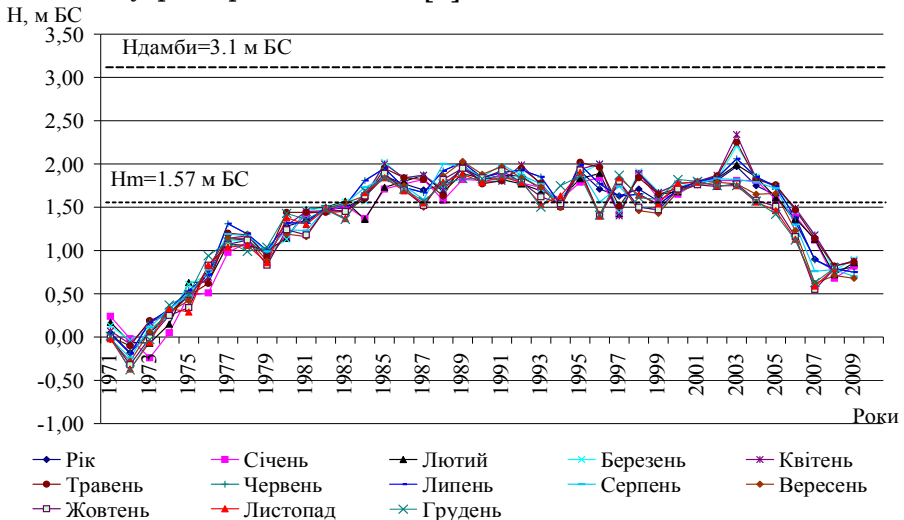


Рис. 1. Хронологічний графік ходу середніх за рік та місяці року рівнів води в лим. Хаджибей - с. Усатове

Критична ситуація склалася у період високого весняного водопілля 2003 р., коли рівні води у лимані досягли катастрофічно високих позначок (плюс 2,38 м БС). Тоді міською владою були прийняті заходи по укріпленню дамби та інтенсивній цілодобовій відкачці води у море. Після багатоговодного 2006 р. і до сьогодні на фоні маловодності останніх років і завдяки повному припиненню скидів стічних вод СБО «Північна» до водойми лиману рівні води в ньому дещо зменшились — до середньорічних позначок не вище 1,0 м БС у 2007-2009 рр. Незважаючи на це, у випадку проходження високих весняних водопіль або дощових паводків підйом рівня в Хаджибейському лимані все ж таки може досягнути критичних позначок (що буде показано далі) і майже щовесни ситуація на Хаджибейському лимані стає небезпечною при можливому затопленні промислової й житлової зон Одеси — Пересипу.

Авторами проекту обґрунтовано методику можливого наповнення Хаджибейського лиману у весняний період року на базі довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля в басейні

лиману. Це дало можливість об'єктивно оцінювати ступінь наповнення водойми лиману Хаджибей поверхневими водами з довготерміновою завчасністю.

У зв'язку з відсутністю гідрологічних спостережень на р. Малий Куяльник, яка живить водойму лиману, до розробки методики були залучені матеріали спостережень по низці річок північного Причорномор'я. За багаторічний період (1960-2000 рр.) отримані дані про запаси води в сніговому покриві та опадах, температурах повітря і глибинах промерзання ґрунтів, а також по середньомісячних витратах води в річках та характеристиках весняних водопілля, на основі яких створено комп'ютерну базу багаторічних вихідних гідрометеорологічних даних та виконано їх статистичну обробку. Тут слід зауважити, що стокові ряди річок Причорноморської низовини неповні та часто обмежуються 1986-1988 роками.

Обґрунтування наукового методу територіального довгострокового прогнозування характеристик весняного водопілля при обмеженості гідрологічних спостережень в регіоні виконане авторами раніше в роботі [7], що дає можливість відновлення полів прогнозних величин у вигляді модульних коефіцієнтів та їх просторового представлення.

Результати дослідження та їх аналіз. Методика довгострокового прогнозу заснована на передчасному встановленні водності майбутньої весни за комплексом стокоформуєчих факторів при побудові регіональних залежностей шарів стоку весняного водопілля від запасів вологи на водозборах — в сніговому покриві наприкінці зими та рідких опадів періоду водопілля (у безрозмірних величинах)

$$Y_m / Y_0 = f[(S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0})] \quad (1)$$

чи, що те ж саме,

$$k_Y = f(k_X) \quad (2)$$

де Y_m и Y_0 — шар весняного стоку і його норма; S_m и S_0 — максимальний запас води в сніговому покриві та його норма; X_1 и X_{1_0} — опади періоду танення снігу та їх норма; X_2 и X_{2_0} — опади періоду спаду весняного водопілля та їх норма; k_Y — модульний коефіцієнт шару стоку весняного водопілля; k_X — модульний коефіцієнт сумарного надходження води на водозбір у період весняного водопілля ($X = S_m + X_1 + X_2$), причому

$$k_X = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}) \quad (3)$$

Для завчасного передбачення ступеня водності очікуваного водопілля використана дискримінантна функція, яка включає такі

основні чинники водопіль на річках досліджуваного регіону (виражені у безрозмірних комплексах при відношенні до їх середньобаторічних значень): суми максимальних снігозапасів та опадів, які приймають участь у формуванні весняного водопілля ($k_X = X / X_0$); індекс зволоження водозбору (середньомісячні витрати води перед водопіллям у вигляді $k_{Q_{нс}} = Q_{нс} / (Q_{нс})_0$); максимальні за зиму глибини промерзання ґрунтів ($k_L = L / L_0$). Отримані дискримінантні рівняння мають вигляд

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{Q_{нс}} + a_3 k_L, \quad (4)$$

де $A = (a_0, a_1, a_2, a_3)$ — вектор коефіцієнтів дискримінантної функції; $X = (k_X, k_{Q_{нс}}, k_L)$ — вектор ознак (вектор-предиктор).

Знак дискримінантної функції дозволяє надати якісний (альтернативний) прогноз майбутнього водопілля (при $DF1 > 0$ шар стоку більше норми, при $DF1 \leq 0$, $DF2 \geq 0$ — біля норми, а при $DF1 < 0$, $DF2 < 0$ — нижче норми). В табл. 1 наводяться коефіцієнти дискримінантних рівнянь DF (4).

Таблиця 1.

Коефіцієнти рівнянь дискримінантних функцій

DF	a_0	a_1	a_2	a_3
$DF1$	-1,88	-14,4	5,73	6,46
$DF2$	0,82	-11,0	5,08	11,0

Регіональні залежності (1) або (2) дають можливість прогнозу модульного коефіцієнту шарів стоку водопілля відповідно знаку дискримінантної функції при формуванні багато-, середньо- або маловодних водопіль і описуються рівнянням вигляду:

$$k_Y = b_0 + b_1 k_X + b_2 k_X^2 + b_3 k_X^3, \quad (5)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 — коефіцієнти поліному.

Для прогнозних залежностей (1) отримані коефіцієнти b_0, b_1, b_2, b_3 , які представлені в табл. 2 за умови застосування кривих за ознаками DF .

Таблиця 2.

Коефіцієнти поліному (5)

Умови застосування	b_0	b_1	b_2	b_3
$DF1 \geq 0$	$2,10 \cdot 10^{-2}$	0,521	-1,43	3,29
$DF1 \leq 0; DF2 \geq 0$	$-3,50 \cdot 10^{-2}$	1,020	-2,40	1,79
$DF1 < 0; DF2 < 0$	$-1,40 \cdot 10^{-2}$	0,250	-0,56	0,38

Отримання очікуваних значень шарів стоку весняного водопілля Y_m здійснюється наступним чином:

$$Y_m = k_y \cdot Y_o , \quad (6)$$

де Y_o — норма шару весняного стоку (мм), яка розраховується для кожної конкретної річки за часовим рядом спостережень на ній, або визначається за картою розподілу Y_o по досліджуваній території в залежності від географічного положення водозборів. Для Причорноморського регіону Y_o пропонується розраховувати за рівнянням:

$$Y_o = 5,62(\varphi - 50) + 28,2 , \quad (7)$$

де φ — географічна широта геометричних центрів тяжіння водозборів, в частках градусів пн. ш.

В методиці довгострокового прогнозування шарів весняного стоку передбачено й встановлення забезпеченості або ймовірності настання водопілля у багаторічному розрізі, що особливо корисно за відсутності гідрологічних спостережень на водних об'єктах. Здійснений статистичний аналіз часових рядів Y_m дозволяє для оцінки забезпеченості прогнозних величин шарів стоку весняного водопілля використовувати криву трипараметричного гама-розподілу С. Н. Крицького і М. Ф. Менкеля [8] при встановленню для даного регіону співвідношенні $C_s/C_v = 2,0$.

Забезпеченість прогнозних величин Y_m встановлюється наступним чином: по отриманих за методикою очікуваних значеннях k_y , визначеному коефіцієнту варіації шарів стоку $(C_v)Y_m$ за часовими рядами або за регіональною формулою і, використовуючи таблицю трипараметричного гама-розподілу, по $(C_v)Y_m$ знаходиться забезпеченість P % очікуваного шару стоку весняного водопілля.

Коефіцієнти варіації шарів стоку зменшуються при збільшенні широти водозборів і можуть бути встановлені за регіональним рівнянням:

$$(C_v)_{Y_m} = 1,29 - 0,19(\varphi - 47) . \quad (8)$$

Забезпеченість прогнозних величин Y_m встановлюється у вигляді

$$P_1 < P_{Y_m} < P_2 , \quad (9)$$

де P_1 і P_2 — верхня та нижня межі забезпеченості.

Формою представлення отриманих прогнозних величин шарів весняного стоку (у вигляді модульних коефіцієнтів k_y) та ймовірності їх настання у багаторічному періоді (P_{Y_m} , %) є побудова карт-схем просторового розподілу очікуваних величин по території.

Оцінка якості методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля на річках Причорноморської низовини показала, що якість прогнозів у дату накопичення максимальних снігозапасів добра, критерій ефективності S/σ змінюється від 0,45 до 0,71; забезпеченість допустимої похибки перевірних прогнозів за багаторічний період змінюється від 89 до 71 %. Завчасність складених прогнозів шарів весняного стоку знаходиться на рівні 15-25 діб і більше.

Не менш важливою характеристикою проходження весняних водопіль є й передчасне встановлення строків початку і настання максимальних весняних витрат чи рівнів води. При аналізі строків проходження весняного водопілля встановлено, що початок водопіль спостерігається в різні дати після строків накопичення максимальних снігозапасів на водозборі, що залежить в основному від температурних умов розвитку весни кожного року.

Визначення дат початку водопілля здійснюється за схемою

$$D_e = D_{S_m} + t_e, \quad (10)$$

де D_B — очікувана дата початку весняного водопілля; D_{S_m} — дата утворення максимальних запасів води в сніговому покриві; t_B — очікувана тривалість (в добах) періоду від дати D_{S_m} до дати початку водопілля D_B .

Для визначення величини t_B отримана регіональна формула (при θ_1 до 5,0-5,5 °C)

$$t_e = [0,43(\varphi - 50) + 7,72] - [0,16(\varphi - 50) + 1,64] \cdot \theta_1, \quad (11)$$

де θ_1 — середньодекадна температура повітря за першу після D_{S_m} декаду, °C.

Дати проходження максимальних витрат (рівнів) води весняного водопілля визначаються за схемою

$$D_{Q_m} = D_e + t_n, \quad (12)$$

де $D_{Q_m}(D_{H_m})$ — очікувана дата максимальних витрат (рівнів) води водопілля; D_B — дата початку весняного водопілля, яка може бути отримана за прогнозом по (10) або за фактично спостереженою датою; t_n — очікувана тривалість підйому весняного водопілля (в добах), яка визначається (при θ_2 до 5 °C) за формулою

$$t_n = \{3,45 \cdot \exp[0,42 \cdot \lg(F + 1)]\} - [-0,12(\varphi - 50) + 1,75] \cdot \theta_2, \quad (13)$$

де θ_2 — середньодекадна температура повітря за декаду, наступну після дати початку водопілля D_B , °C; F — площа водозбору, км².

Прогноз строків проходження весняного водопілля у кожному році складається по запропонованій схемі, спираючись на метеорологічний прогноз температури повітря.

Методика прогнозу дат проходження весняного водопілля вважається «задовільною» при забезпеченості перевірних прогнозів для дат початку весняного водопілля $P=58-91$ %; для дат максимальних рівнів або витрат води — $P=52-75$ %.

Адаптація запропонованої прогнозової моделі шарів стоку та строків проходження водопіль до умов функціонування Хаджибейського лиману при його наповненні у весняний період року здійснено на прикладі багатоводного весняного водопілля 2006 р. і включає наступні етапи.

1. Створення бази вихідної інформації по басейну лиману Хаджибей з метою визначення підйому рівнів води у період проходження весняного водопілля.
2. Аналіз умов формування весняного водопілля у поточному році.
3. Визначення тривалості проходження водопілля в лимані на основі прогнозних строків початку водопілля.
4. Оцінка проходження максимального рівня води в басейні Хаджибейського лиману на основі прогнозу дати його настання.
5. Складання прогнозу шарів стоку весняного водопілля для басейну лиману Хаджибей.
6. Оцінка ймовірності настання (забезпеченості) прогнозних строків водопілля та шарів весняного стоку у багаторічному розрізі.
7. Визначення припливу тало-дощових вод до лиману Хаджибей у весняний період року. Встановлення відміток рівня води при проходженні весняного водопілля, у тому числі при роботі насосної станції каналу «лиман-море».

Збір базової інформації по басейнах — морфометричні і середньобагаторічні гідрометеорологічні характеристики. Для басейну Хаджибейського лиману морфометричні характеристики, які використовуються в прогнозній схемі включають:

- площу водозбору $F=2700$, км²;
- криву площ водної поверхні лиману $F_{дз} = f(H)$;
- криву об'ємів води $W = f(H)$;
- географічну широту геометричного центру тяжіння водозбору лиману — φ , яка дорівнює 46° 50' пн. ш. або 46,83 (в частках градусів пн.ш.).

Середньобагаторічні гідрометеорологічні характеристики (або фактори весняного водопілля) за відсутності багаторічних рядів спо-

стережень в басейні лиману для їх визначення в більшості підлягають відновленню, що виконане за рекомендаціями та регіональними формулами, наведеними в [7], а їх значення представлені в табл. 3.

Таблиця 3.

Середньобогаторічні характеристики весняного водопілля в басейні Хаджибейського лиману

S_0 , мм	X_{1_0} , мм	X_{2_0} , мм	X_0 , мм	L_0 , см	$(Q_{нев})_0$ (у лютому) м ³ /с	Y_0 , мм за (7)	$(C_v)_{ym}$ за (8)
35	21,7	14,1	70,8	54	6,21	10,4	1,19

До базової гідрометеорологічної інформації також відносяться:

- карта-схема середньобогаторічної тривалості весняних водопіль в басейнах річок півдня України при встановленні періоду весняного водопілля;
- норма місячного випаровування з водної поверхні (прийнята по станції м. Болград);
- норма рідких опадів за період весняного водопілля (по станції с. Усадове чи м. Одеса) або розрахункові норми цих опадів (табл. 3).

Збір оперативної гідрометеорологічної інформації:

- 1) дані снігомірних зйомок на метеостанціях, які розташовані у межах або поблизу басейну (Затишся і Роздільна), або у вигляді карт-схем розподілу по території запасів води в сніговому покриві, які складаються у Гідрометцентрі України. Аналіз карти снігозйомки на 5 березня 2006 р. показує, що на фоні незначних значень снігозапасів на басейні Хаджибейського лиману (порядку 10 мм і менше) в окремих його частинах значення снігозапасів досягали до 40 мм і вище. Максимальні снігозапаси прийняті як середні по станції Затишся, де їх значення $S_m = 3$ мм і станції Роздільна, де $S_m = 44$ мм;
- 2) дані по глибинах промерзання ґрунтів на метеостанціях або карта-схема їх розподілу по території у 2006 р.;
- 3) значення середньомісячних витрат води в місяць, який передує початку водопілля в басейнах річок (для 2006 р. у лютому);
- 4) синоптичний прогноз опадів і температури повітря на поточні декади березня-квітня 2006 р.

При прогнозуванні шарів стоку весняного водопілля ведеться розрахунок гідрометеорологічних факторів весняного водопілля, що входять до рівняння дискримінантної функції (4), відповідно за рекомендаціями їх визначення при обмеженості даних спостережень [7], які представлені в табл. 4.

Таблиця 4.

Гідрометеорологічні фактори весняного водопілля 2006 р.
в басейні Хаджибейського лиману

S_m , мм	X_1 , мм	X_2 , мм	X , мм	k_X	$Q_{пв}$ (у лютому), м ³ /с	$k_{Q_{пв}}$	L , см	k_L
24	17,6	11,1	52,3	0,74	8,1	1,30	49	0,91

При використанні запропонованої схеми довгострокового прогнозування шарів весняного стоку (1)-(9) отримане прогнозне значення шару стоку тало-дощових вод _ до лиману Хаджибей у 2006 р. та ймовірність його настання у багаторічному періоді (табл. 5). Оцінка прогнозу виконувалася по значенню рівня води в лимані весною 2006 р. при розрахунку наповнення лиману весняними водами.

Таблиця 5.

Прогноз шарів стоку весняного водопілля 2006 року
в басейні Хаджибейського лиману

DF за (4) та табл. 1	k_Y за (5) та табл. 2	Y_0 , мм за (7)	Y'_m , мм за (6)	P , % у вигляді (9)
0,8	0,95	10,4	9,9	30-40

Прогнозування строків початку весняного водопілля у 2006 р. в басейні Хаджибейського лиману ведеться за схемою (10)-(11), а результати представлені в табл. 6.

Таблиця 6.

Прогноз дат початку весняного водопілля 2006 р.
в басейні Хаджибейського лиману

Дата прогнозу (D_{S_m})	Температура повітря, θ_1 , °С	Очікувана тривалість водовіддачі снігу $t'_{в}$, доби за (11)	Дата початку весняного водопілля за прогнозом $D'_{в}$ за (10)	Спостережена дата початку весняного водопілля у 2006 р. , $D_{в}$	Забезпеченість $D_{в}$, P %
05.03	-4,8	12	17.03	14.03	30

Аналогічним чином прогнозується й дата проходження максимальних рівнів води в лимані. За схемою (12)-(13) отримані результати прогнозу дат настання максимальних рівнів води водопілля 2006 р. (табл. 7).

Слід зазначити, що в методиці прогнозу можливе й встановлення ймовірності настання дати початку та проходження макси-

мальних рівнів води весняного водопілля за кривими забезпеченості цих дат.

Таблиця 7.

Прогноз дат максимальних рівнів води весняного водопілля
2006 р. в басейні Хаджибейського лиману

Дата початку водопілля, $D_{нс}$	Температура повітря, $\theta_2, ^\circ\text{C}$	Очікувана тривалість підйому водопілля, $t'_{нс}$, доби за (13)	Дата максимального рівня води водопілля за прогнозом D'_{Hm} за (12)	Спостережена дата макс. рівня води водопілля у 2006 р., D_{Hm}	Забезпеченість D_{Hm} , $P\%$
14.03	-1,7	18	02.04	21.03 - 04.05	25

За прогнозною датою максимального рівня води D'_{Hm} (табл. 7) можна очікувати максимальний підйом рівнів води в лимані з початку квітня. За вимірними рівнями води у лимані в 2006 р. можна відмітити, що максимальний рівень води у водоймі ($H_m = 238$ см) відмічено 16 квітня, але вже з 21 березня позначки поверхні води мали відмітку 236 см над «0» графіка поста с. Усатове і на такому високому рівні вони трималися майже до перших чисел травня.

Визначення тривалості періоду основного надходження тало-дощових вод періоду весняного водопілля 2006 р. до Хаджибейського лиману виконувалося як в період від дати початку весняного підйому рівнів води в лимані плюс середньобогаторічна тривалість весняного водопілля, яка для басейну лиману може бути визначена за карт-схемою розподілу цієї тривалості для річок території півдня України і складає близько 40 діб. Тобто розрахунковий період прийнятий з 17 березня по 27 квітня.

Порядок розрахунків припливу тало-дощових вод до Хаджибейського лиману з урахуванням прогнозних величин шарів стоку у період весняного водопілля 2006 року має наступні етапи, а результати розрахунків наведені в табл. 8.

1. За передпаводковим рівнем води у лимані (прийнятий середньомісячний рівень води у лимані в лютому H_{02} по с. Усатове) за кривою площ водної поверхні лиману $F_{дз} = f(H)$ (рис. 2) визначається площа водного дзеркала лиману: для 2006 р. при $H_{02} = 424$ см (1,4 м БС) отримуємо $F_{дз} = 113$ км².
2. Для Хаджибейського лиману при площі водозбору лиману $F = 2700$ км² та площі його водного дзеркала $F_{дз} = 113$ км², сумарний приплив тало-дощових вод (стік р. Малий Куяльник

та боковий приплив до чаші лиману) розраховується наступним чином:

$$Y_{\text{оз}} = \frac{F}{F_{\text{дз}}} Y'_m, \quad (14)$$

де $Y_{\text{дз}}$ — сумарний приплив тало-дощових вод до водойми Хаджибейського лиману, мм або см; F — площа водозбору лиману, км²; $F_{\text{дз}}$ — площа водної поверхні лиману, км²; Y'_m — прогнозна величина шару стоку весняного водопілля 2006 р. в басейні лиману Хаджибей ($Y'_m = 9,9$ мм).

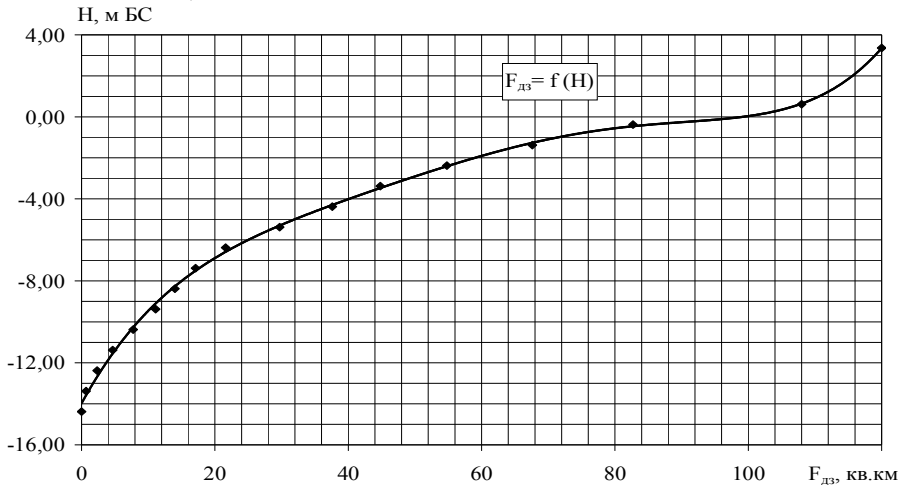


Рис. 2. Крива площ водної поверхні Хаджибейського лиману, $F_{\text{дз}} = f(H)$ (за даними батиметричної зйомки у липні 2009 р.)

3. Розрахунок опадів за період водопілля на дзеркало лиману ($X_{\text{дз}}$, мм) ведеться, враховуючи синоптичний прогноз опадів (опади очікуються вище, біля або нижче норми). При прогнозі наповнення Хаджибейського лиману тало-дощовими водами у 2006 р. опади періоду весняного водопілля на дзеркало водойми прийняті за синоптичним прогнозом погоди (на рівні норми), тобто складають величину

$$X_{\text{дз}} = X_{1_0} + X_{2_0} \quad (15)$$

4. Випаровування з водної поверхні Хаджибейського лиману за період водопілля 2006 року оцінене за значенням норми величини E на метеостанції Болград для квітня (за відсутності даних у березні).

Таблиця 8.

Розрахунок припливу тало-дощових вод до Хаджибейського лиману у весняний період року і визначення очікуваного рівня води весняного водопілля 2006 р.

H_{02} , см	H_{02} м БС	F_{03} км ²	F/F_{03}	Y_{03} , см	X_{03} , см	E , см	ΔH , см	H , см	H , м БС	H_{cn} м БС	δ , м
424	1,37	113	23,9	23,7	3,58	6,59	20,7	445	1,58	1,51	-0,07

5. Розрахунок приросту рівнів води у лимані від тало-дощових вод ΔH при проходженні весняного водопілля 2006 р. ведеться як сума припливу тало-дощових вод з басейну лиману до чаші водойми (Y_{03} , см) та опадів на дзеркало водойми (X_{03} , см), за винятком випаровування з водної поверхні (E , см) під час весняного водопілля наступним чином:

$$\Delta H = Y_{03} + X_{03} - E \quad (16)$$

6. Рівні води в Хаджибейському лимані при надходженні тало-дощових вод ($Y_{03} + X_{03} - E$) відносно рівня води у лимані на початок весняного водопілля 2006 р. розраховуються наступним чином:

- при H (см) над «0» графіка поста:

$$H = H_{II} + \Delta H = 424 + 20,7 = 445 \text{ см} \quad (17)$$

- при H (м БС):

$$H = [H_{II} + (-2,87)] + \Delta H = [4,24 + (-2,87)] + 0,21 = 1,58 \text{ м БС} \quad (18)$$

де H — максимальний рівень води в лимані в період весняного водопілля поточного року; H_{II} — рівень води у лимані на початок весняного водопілля — (для 2006 р. у лютому $H_{02} = 424$ см або 4,24 м над «0» графіка поста); ΔH — величина сумарного приросту рівня води у лимані при надходженні тало-дощових вод в період весняного водопілля поточного року; $-2,87$ м БС — відмітка «0» графіка поста.

7. Спостережений максимальний рівень води в лимані (с. Усатове) під час весняного водопілля 2006 р. дорівнював 438 см або 1,51 м БС. Похибка прогнозних і спостережених рівнів води δ визначається як

$$\delta = H_{cn} - H = 1,51 - 1,58 = -0,07 \text{ м} \quad (19)$$

При проходженні небезпечно високих весняних водопіль в басейні Хаджибейського лиману частина води може скидатися по

каналу «лиман-море» за допомогою насосної станції КНС-25, потужність якої Q складає $7 \text{ м}^3/\text{с}$ [6]. На прикладі 2006 року розраховані рівні води у водоймі з урахуванням, за необхідністю, відкачки весняних вод насосною станцією з лиману у море на протязі всього періоду водопілля. При цьому зниження рівня води може досягати 16 см, тобто відмітки рівня води у лимані можуть залишатися на їх позначках перед весняним водопіллям (у лютому $H = 424$ см або 1,4 м БС) — $H = 429$ см чи 1,42 м БС.

Використовуючи запропоновану прогнозу схему були оцінені й рівні води у Хаджибейському лимані в період випадіння і танення значної кількості снігу в грудні 2009 р. За даними снігозйомки від 20 грудня на метеостанціях Роздільна ($S = 82$ мм) і Сербка ($S = 18$ мм), у басейні лиману середні снігозапаси склали величину 55 мм. Спрогнозований шар стоку від танення снігу та випадіння рідких опадів в умовах недостатньо зволоженого та практично не промерзлого ґрунту Y'_m дорівнював 5 мм. Можливий приріст рівнів води в лимані при площі водного дзеркала 108 км^2 склав величину порядку 15 см. При цьому рівень води в лимані відносно його значення у попередній період ($H_{II} = 355$ см) визначений на рівні 370 мм над «0» графіку поста або 0,83 м БС. За даними спостережень с. Усатове рівень в Хаджибейському лимані наприкінці грудня складав 371 см чи 0,84 м БС.

Авторами роботи для басейну Хаджибейського лиману обґрунтована розрахункова схема визначення приросту рівнів води у лимані від повеневих вод та можливі значення відміток води у ньому за умови виникнення водопіль рідкісної ймовірності настання у багаторічному періоді (при $P = 1$ %). На рис. 3 показаний багаторічний хід максимальних за місяці та рік (H_m) та розрахункових максимальних рівнів води весняного водопілля H_1 %. Так, за призначеною проектною відміткою дамби Хаджибейського лиману плюс 3,1 м БС в деякі роки (1987, 1990, 1996, 1998, 2004 рр.) при проходженні катастрофічно високих весняних водопіль 1 %-ї ймовірності перевищення, рівні води у лимані досягали б критичної відмітки дамби, а у 2003 р. — й перевищили її при H_1 % = 3,18 м БС.

Але можливий катастрофічний збіг обставин, коли у квітні-травні на високі рівні води у лимані будуть накладатись додаткові надходження за рахунок дощових опадів. Рівневий режим лиману за умови наявності дощового паводку забезпеченістю $P = 1$ % у період проходження максимальних рівнів води весняного водопілля

тієї ж ймовірності перевищення ($H_{ТД 1\%}$) показаний на рис. 3. В таких небезпечних умовах, рівні води в Хаджибейському лимані могли б досягти катастрофічних позначок — 3,8-3,9 м БС, причому майже на протязі всього періоду експлуатації водосховища, починаючи з 1976 по 2007 рр. І тільки після припинення у 2007 р. скидів комунально-побутових вод у водойму до відміток 0,5-0,6 м БС гарантує безпечний рівневий режим лиману.

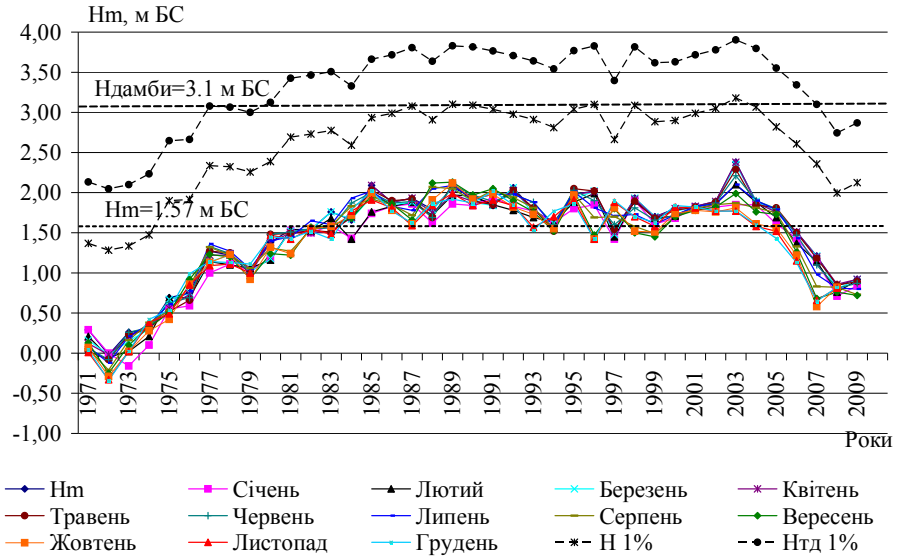


Рис. 3. Багаторічний хід максимальних за місяці і рік (H_m) та розрахункових максимальних рівнів води весняного водопілля та дощового паводку у лимані при забезпеченості $P=1\%$

Висновки

1. Гідрологічний режим Хаджибейського лиману в останні десятиріччя характеризувався суттєвим підвищенням рівнів води у ньому за рахунок інтенсивного скидання у лиман стічних вод м. Одеси СБО «Північна», що стало загрозою у період багатоводних весняних водопіль можливості затоплення дамби і прилеглих територій міста.
2. Хоча скиди стічних вод у лиман на сьогодні припинені, рівні води в ньому поки що залишаються вищими встановленого проектом інституту «УкрПівдендінпроводгосп» нормального підпертого рівня (НПР) на відмітці мінус 0,5 м БС і за наяв-

ності багатоводних водопіль і дощових паводків може виникнути небезпека переливу води через дамбу.

3. Авторами обґрунтовано методику довгострокового прогнозу надходження поверхневих вод з водозбору лиману, що дозволяє на основі поточного прогнозування в кожному році надавати кількісну оцінку ступеня наповнення водойми лиману Хаджибей поверхневими водами з довготерміновою завчасністю. Сумарне надходження весняних вод до лиману Хаджибей складається з прогнозного шару припливу тало-дощових вод з басейну лиману та опадів на дзеркало водойми, з урахуванням випаровування з водної поверхні під час весняного водопілля.
4. Запропонована методика прогнозування строків проходження весняних водопіль дасть змогу оцінки періоду настання максимальних рівнів води в лимані.
5. В методиці прогнозу передбачено встановлення ймовірності настання у багаторічному розрізі як стокових характеристик (шару припливу весняних вод до річкової мережі), так і строків настання початку водопілля і проходження максимальних рівнів води.
6. Оцінені можливі значення відміток води у лимані за умови виникнення весняних водопіль та дощових паводків розрахованої виняткової ймовірності настання $P = 1 \%$, тобто повторюваністю 1 раз у 100 років.
7. Результати розрахунків показали, що відповідно призначеної проектної відмітки дамби Хаджибейського лиману на рівні плюс 3,1 м БС, при виникненні катастрофічно високих весняних водопіль забезпеченістю $P = 1 \%$, рівні води у лимані можуть досягти критичних позначок при затопленні значної частини м. Одеси. Але слід прийняти до уваги, що ситуація дещо спрощується, оскільки з 2007 р. скиди стічних вод СБО «Північна» припинені і відведені до моря.
8. Автори вважають за доцільне впровадження прогновної і розрахункової схеми весняного наповнення Хаджибейського лиману в оперативну діяльність відділу гідрологічних прогнозів Гідрометцентру Чорного та Азовського морів (м. Одеса) у вигляді програмного комплексу для випуску щорічного прогнозу шарів стоку водопіль (включаючи й інші річки Причорноморської низовини) і на його основі здійснювати розрахунок наповнення лиману поверхневими водами у весняний період року.
9. Пропонується продовжити дослідження гідрологічного і гідрохімічного режимів Хаджибейського лиману за умови, що у

майбутньому не будуть здійснюватись скиди комунально-побутових вод у водойму.

Література

1. Лиманы Северного Причерноморья / Отв. ред. О. Г. Миронов. — К.: Наукова думка, 1990. — 204 с.
2. Старушенко Л. И., Бушуев С. Г. Причерноморские лиманы Одещины и их рыбохозяйственное использование // ОФНБЮМ. — Одесса: Астропринт, 2001. — 65 с.
3. Тимченко В. М. Эколого-гидрологические исследования северо-западного Причерноморья. — К.: Наук. думка, 1990. — 240 с.
4. Швевс Г. И., Игошин М. И. Каталог річок і водойм України. Навч.-довід. посібник. — Одеса: Астропринт, 2003. — 392 с.
5. Адобовский В. В., Губанов У. В, Адобовская М. В. К проблеме деградации и реконструкции закрытых лиманов северо-западного Причерноморья // География и природные ресурсы. — 2000. — № 3. — С. 63-66.
6. Исаков М. И., Сирота Б. Я., Решетников Н. Ф., Решетинский Н. Н. Водный режим Хаджибейского лимана и мероприятия по его регулированию / Одесская региональная Академия наук (ОРАН), Украина. — С. 153-157.
7. Гопченко Є. Д., Шакірзанова Ж. Р. Можливості застосування просторових моделей для прогнозування максимального стоку весняного водопілля при обмеженості гідрологічних спостережень // Причорноморський екологічний бюлетень. — Одеса: ІНВАЦ, 2007. — № 2(24). — С. 63-66.
8. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 447 с.

Резюме

Впервые для лимана Хаджибей обоснована и реализована методика долгосрочного прогнозирования притока поверхностных вод в период весеннего половодья, а также повторяемости половодий в многолетнем разрезе. Обоснована возможность определения степени наполнения Хаджибейского лимана поверхностными водами от таяния снега и выпадения жидких осадков как в текущую весну, так и при расчетной вероятности превышения $P=1\%$.

СУЧАСНІ МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

В статті, за результатами натурних експедиційних досліджень Одеського державного екологічного університету в липні-серпні 2009 р. (за рахунок бюджетних коштів з обласного фонду охорони навколишнього природного середовища), наведено сучасну морфометричну характеристику Куяльницького лиману.

Метою натурних вимірювань було вивчення сучасного рельєфу дна лиману, побудови плану батиметричної зйомки в ізобатах, кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману, які в останнє виконувалися ще у 1975 р. [1].

Перед початком вимірювальних робіт проведено аналіз сучасних супутникових знімків Куяльницького лиману та прилеглої місцевості для складання робочої схеми вимірювальних робіт (рис. 1). Батиметрична зйомка виконувалася по косих галсах, що дозволило достатньою мірою відобразити характер рельєфу дна водойми з необхідною точністю. Координація промірних робіт здійснювалася засобами супутникової навігації.

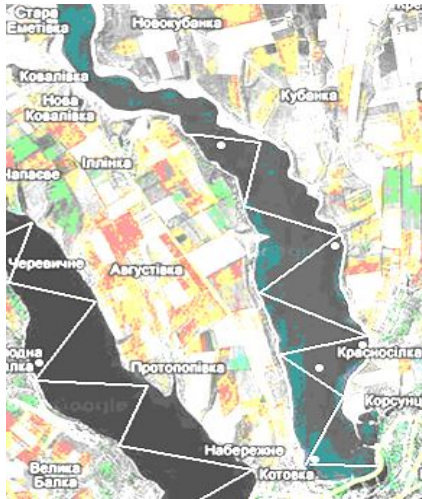


Рис. 1. Супутниковий знімок Куяльницького лиману (білі лінії — промірні галси; білі точки — гідрохімічні станції)

Проміри глибин виконувалися в окремих точках акустичним способом (ехолокацією). Висотна прив'язка здійснена до основної рейки на рейковому водомірному посту, який розташований у південній частині лиману на території сан. Куяльник (рис. 1). Водомірна рейка закріплена на бетонному пірсі в 5 метрах від забірної пристрою насосної станції сан. Куяльник. Відмітка нуля графіка водомірного поста становить мінус 7,06 м БС, а нуля спостережень — мінус 6,56 м БС.

Результати батиметричної зйомки представлені у вигляді плану батиметричної зйомки та кривих об'ємів і площ водної поверхні лиману. При виконанні батиметричної зйомки фіксувались такі дані: дата та час початку і закінчення робіт, відмітка рівня води на водомірному посту на початок та кінець батиметричної зйомки, погода, хвилювання водної поверхні, прилади для промірів глибин та координування, номери промірних вертикалей, глибина на них, відмітки дна, прямокутні координати вертикалей (X та Y , м) в системі координат WGS-84. Визначались також і координати берегової лінії.

Після підготовки та первинного аналізу польових матеріалів батиметричної зйомки побудовано план Куяльницького лиману в ізобатах (рис. 2). Також були обчислені основні морфометричні характеристики лиману, які наведені нижче за текстом цього розділу. До основних морфометричних характеристик лиману належать: довжина, середня ширина, порізаність берегової лінії, площа водного дзеркала, об'єм води.

Довжина лиману L — найкоротша відстань між двома віддаленими точками берегової лінії на лимані, у липні-серпні 2009 р. становила 20,7 км. Середня ширина лиману $B_{сер}$ — відношення площі до довжини:

$$B_{сер} = \frac{F}{L}, \quad (1)$$

де F — площа водної поверхні лиману, км²; L — його довжина, км.

На Куяльницькому лимані у липні-серпні 2009 р. $B_{сер} = 1,82$ км. Максимальна ширина, у середній найбільш широкій частині лиману, складає близько 3,60 км.

Порізаність берегової лінії k (відношення довжини берегової лінії S до довжини кола, яке має площу рівновелику площі лиману)

$$k = \frac{S}{2\pi\sqrt{\frac{F}{\pi}}} \quad (2)$$

У липні-серпні 2009 р. k становило 2,06.

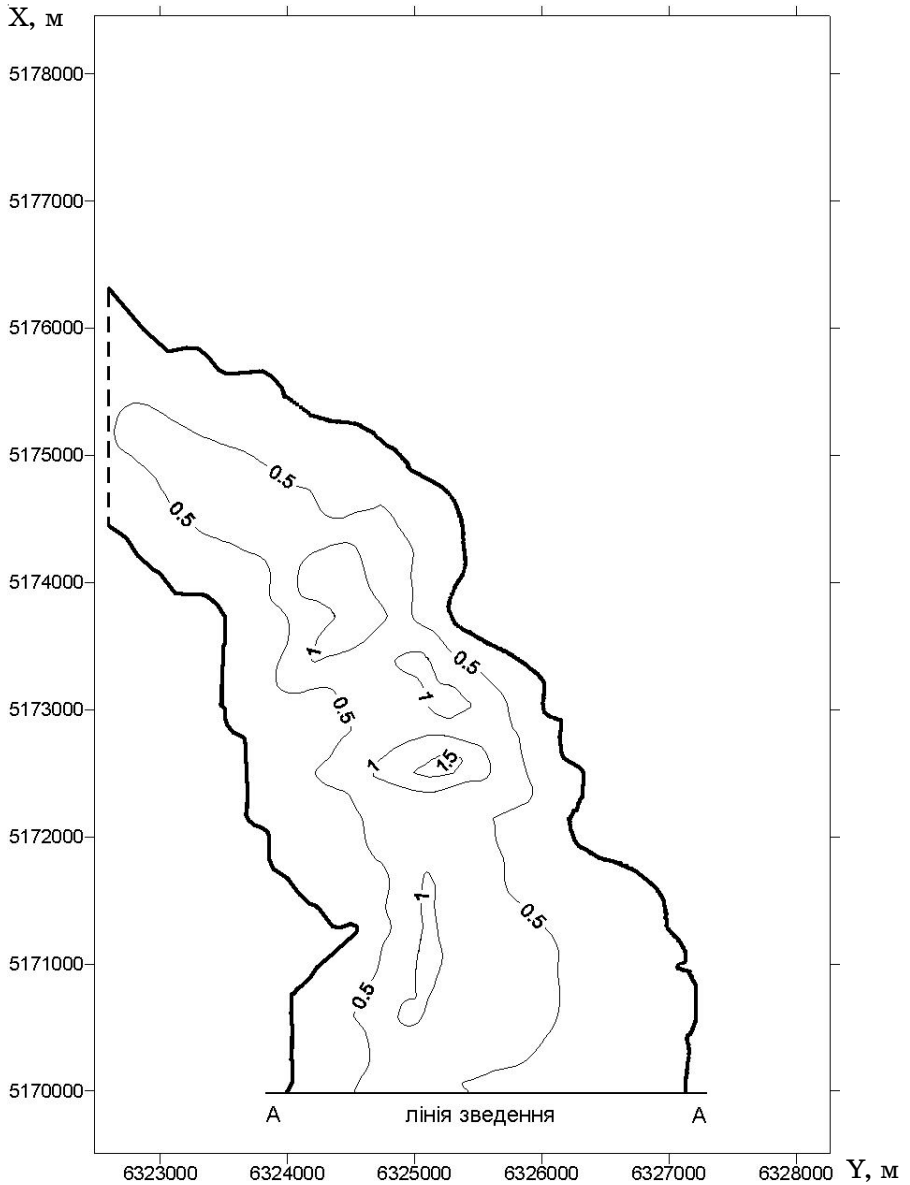
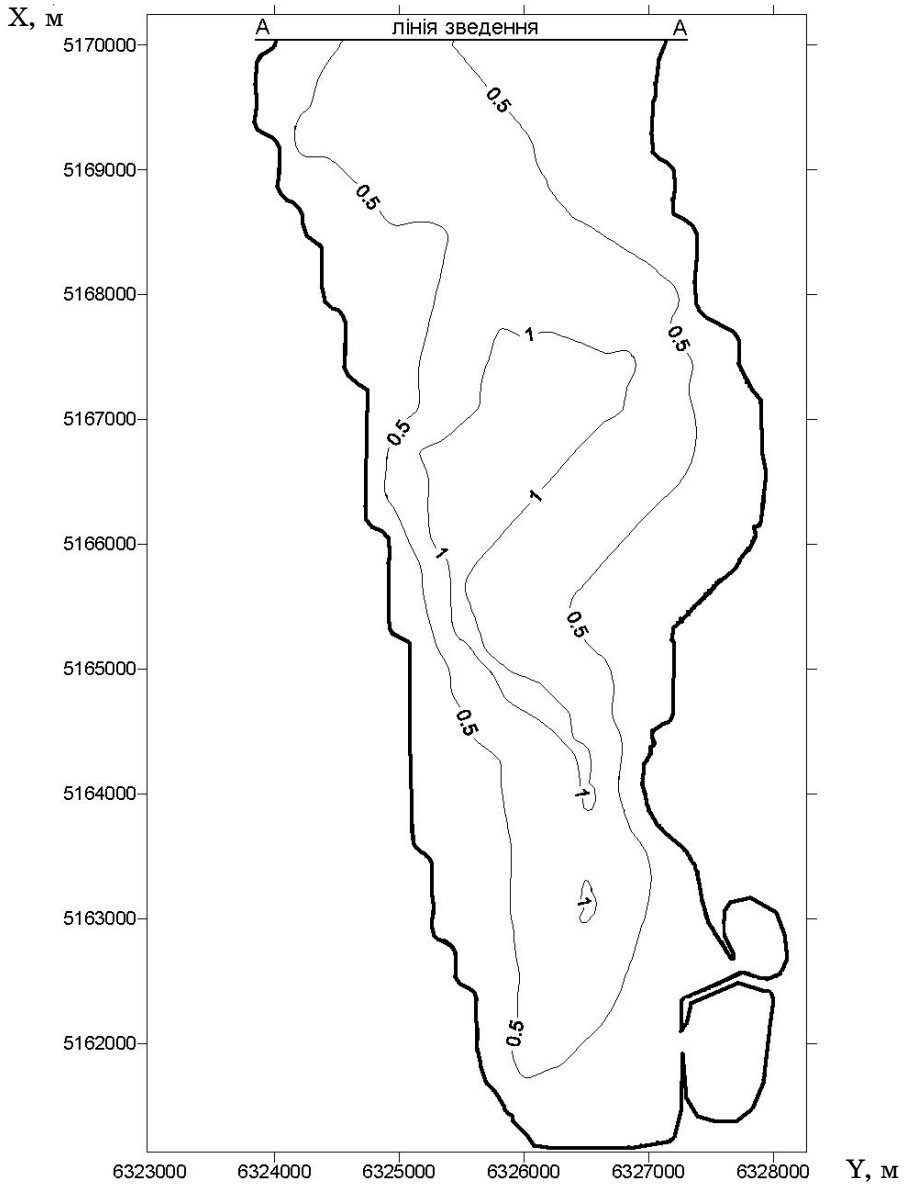


Рис. 2. План Куяльницького лиману в ізобатах
(відмітка поверхні води мінус 6,42 м БС)



Продовження рис. 2

Площа водного дзеркала лиману F , яка визначалася за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Surfer7.04, становила 37,6 км². Об'єм води в лимані V розраховувався складанням часткових об'ємів між ізобатами (горизонталями), тобто v_1, v_2, \dots, v_n , та визначався за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Surfer7.04. Часткові об'єми дорівнюють

$$V_i = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} h_{\text{пер}} \quad (3)$$

де F_i — площа, обмежена i -ю ізобатою; $h_{\text{пер}}$ — відстань між ізобатами по висоті.

Об'єм лиману у липні-серпні 2009 р. становив 18,8 млн. м³. Середня глибина лиману $h_{\text{СЕР}}$ визначається як частка від ділення об'єму лиману V на площу водного дзеркала F , тобто

$$h_{\text{СЕР}} = \frac{V}{F} = 0,50 \text{ м.} \quad (4)$$

Для вирішення прикладних гідрологічних задач зручно мати криві залежностей між рівнями води в лимані та його площами $F = f(H)$ і об'ємами $V = f(H)$ (рис. 3, 4).

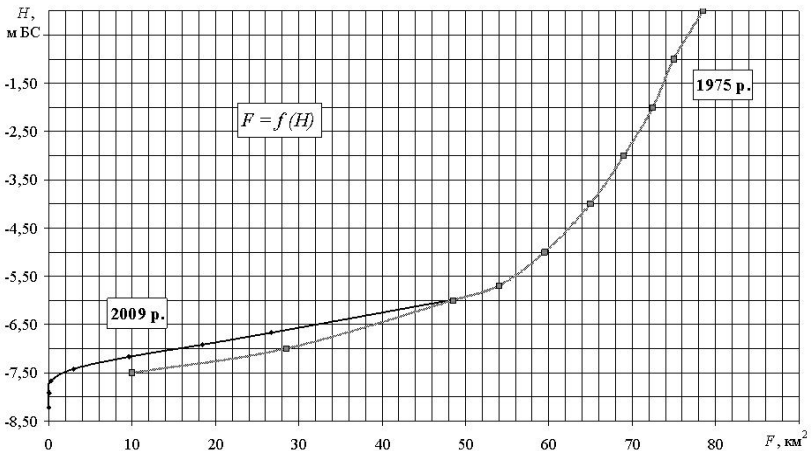


Рис. 3. Криві площі $F = f(H)$ водної поверхні Куяльницького лиману, за даними батиметричних зйомок в 1975 та 2009 рр.

Результати натурних експедиційних досліджень Куяльницького лиману в липні-серпні 2009 р. дозволяють узагальнити основні морфометричні характеристики водойми у сучасний період та дати аналіз їх змін в залежності від коливань рівня води в лимані.

Зокрема, ширина лиману поступово збільшується з півночі на південь та досягає максимального значення на ділянці с. Красносілка і становить 3,60 км. Найбільша глибина в лимані у липні-серпні 2009 р. відмічена в районі гирла р. Кубанка, яка при відмітці рівня мінус 6,42 м БС становила 1,80 м, а середня глибина становила 0,50 м. Площа водного дзеркала Куяльницького лиману в залежності від наповнення водойми може змінюватися від 19 до 74 км² (в липні-серпні 2009 р. при рівні мінус 6,42 м БС площа водного дзеркала становила 37,6 км²). Об'єм води в лимані може досягати 370 млн. м³, але влітку 2009 р. він склав лише 18,8 млн. м³, що майже в 20 разів менше за максимальне значення. Висновок про те, що чаша лиману замулюється, базується на підставі зіставлення кривих площ водної поверхні (рис. 3) та об'ємів води (рис. 4), побудованих за результатами батиметричних зйомок (промірів глибин) Куяльницького лиману, виконаних в 1975 р. та влітку 2009 р. Зіставляючи ці криві, можна бачити, що за рахунок замулення та внутрішнього перерозподілу донних відкладів, відбувається постійне зменшення ємності лиману в області мінімальних рівнів води. Так, за період з 1975 р. по 2009 р. об'єм Куяльницького лиману за рахунок замулення в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) зменшився на 13,0 млн. м³, тобто середня інтенсивність зменшення об'єму лиману за останні три десятиріччя становить 0,38 млн. м³ на рік.

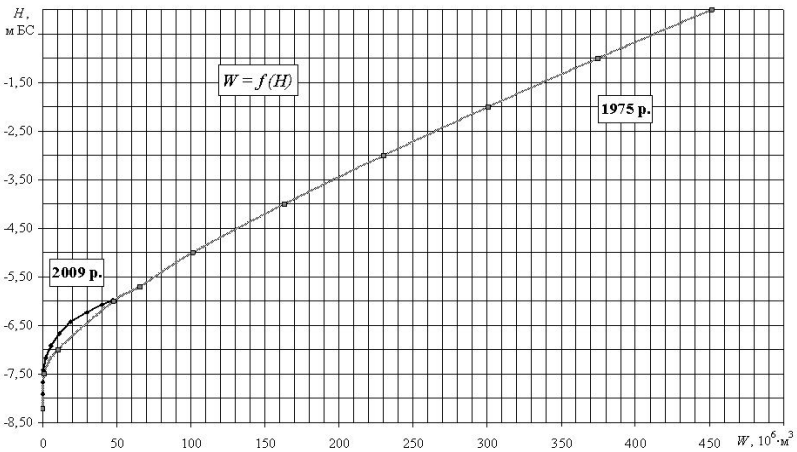


Рис. 4. Криві об'ємів води $W = f(H)$ Куяльницького лиману, за даними батиметричних зйомок в 1975 та 2009 рр.

Аналізуючи водний стік р. В. Куяльник за період з 1975 по 2009 рр., який міг би під час значних паводків та водопіль принести в лиман велику кількість наносів, можна констатувати, що він був майже відсутнім. Надходження наносів з річковим і балковим стоком, а також їхній змив зі схилів лиману під час зливових опадів та в період весняного сніготанення не міг значним чином вплинути на замулення лиману. Отже, зменшення ємності лиману в області мінімальних рівнів води (менше мінус 6,50 м БС) могло відбуватися тільки за рахунок внутрішнього перерозподілу донних відкладів, завдяки вітровим циркуляціям у водоймі.

Висновок про замулення Куяльницького лиману також підтверджує підвищення солоності ропи водойми при майже однакових рівнях води за останні 50 років. Так, у 1962 р. рівню води мінус 6,50 м БС відповідала солоність 250 ‰, при тому ж рівні в 1995 р. вона вже була 272 ‰, а в 2009 р. при рівні води мінус 6,42 м БС — підвищилася аж до 390 ‰. Солоність води Куяльницького лиману пов'язана з водним режимом водойми (рис. 5) [1; 2].

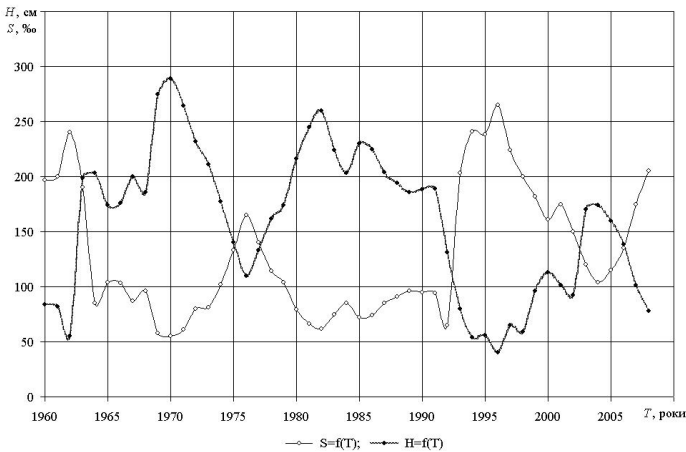


Рис. 5. Багаторічний хід середньорічних значень солоності та рівня води Куяльницького лиману (за період 1960-2008 рр.)

З урахуванням цього, для визначення розрахунково-прогностичних значень солоності води, обґрунтована емпірична залежність солоності S від рівня води в лимані H (рис. 6). Ця залежність є досить надійною, про що свідчить високе значення детермінанта зв'язку ($R^2 = 0,96$). Вона апроксимується степеневим рівнянням вигляду:

$$S = 161 \cdot H^{-1,12} , \quad (5)$$

де S — солоність води, ‰; H — рівень води над «0» графіка водомірного поста, м.

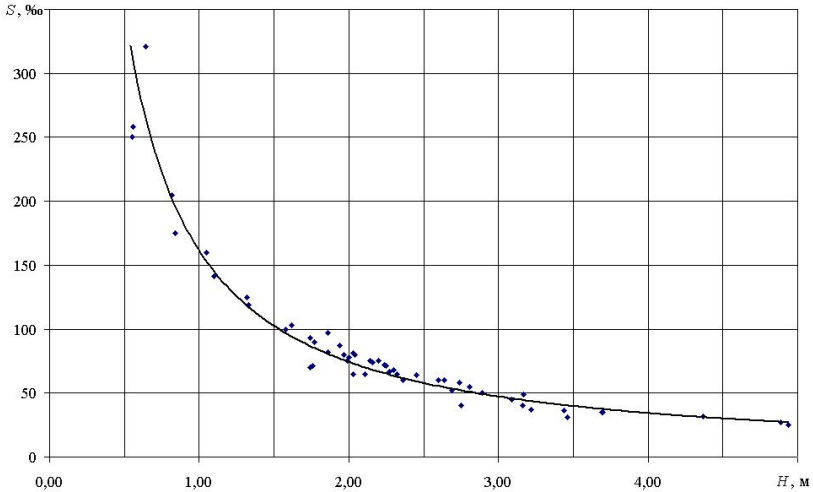


Рис. 6. Залежність $S = f(H)$ солоності від рівня води в Куяльницькому лимані

Така залежність дозволяє отримати фоновий прогноз солоності води лиману по рівнях води на водомірному посту та істотно обмежує масштаб солеобмінних розрахунків, які для лиманів закритого типу малодоступні дослідженню через велике число невідомих компонент, що беруть участь у формуванні їх сольового режиму [2].

Література

1. Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчет о НИР / Од. гос. ун-т им. И. И. Мечникова. — Одесса, 1995. — 190 с.
2. Гопченко Є. Д, Гриб О. М., Белов В. В., Гриб К. О., Медведева Ю. С. Аналіз сучасних морфометричних та деяких фізико-хімічних характеристик лиману Куяльник // За ред. В. М. Небрата. — Одеса: ІНВАЦ, 2009. — С. 63-65.

*О. И. Сенькова,
Т. С. Коломеец*

ОСНОВНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 2008-2009 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ГОДА ПО ТЕРРИТОРИИ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

2008-2009 сельскохозяйственный год характеризовался теплой осенью, непродолжительной зимой и существенным недобором осадков в весенний и летний периоды.

Среднегодовая температура воздуха составила $10-12^{\circ}$ тепла, что на $1,5-1,7^{\circ}$ выше нормы и оказалась близкой к прошлогодним значениям. Сумма эффективных температур воздуха выше $+5^{\circ}$ равнялась $2521-3031^{\circ}$, что на $330-470^{\circ}$ больше нормы. Сумма эффективных температур воздуха выше $+10^{\circ}$ составила $1500-1855^{\circ}$, что на $240-370^{\circ}$ больше нормы. Сумма осадков за холодный период (ноябрь-март) 2008-2009 года составила $128-169$ мм или $70-93$ % нормы, в Любашевском районе — 216 мм или 109 % нормы. Сумма осадков за теплый период (апрель-октябрь) 2009 года составила $181-247$ мм или $59-81$ % нормы.

Погодные условия в целом были неблагоприятными для выращивания урожая всех сельскохозяйственных культур. Неблагоприятным фактором для перезимовки озимых культур в первой половине зимы было понижение минимальной температуры на глубине залегания узла кущения до критических значений и образование притертой к почве ледяной корки.

22-24 апреля, в связи с вторжением холодного арктического воздуха наблюдались сильные заморозки (на фоне очень низкой для данного времени минимальной относительной влажности воздуха) интенсивностью $2-6^{\circ}\text{C}$, а на высоте 2 см от поверхности почвы в северных районах и на пониженных участках рельефа — $7-9^{\circ}\text{C}$. От заморозков, в северных и центральных районах области у озимого рапса было отмечено повреждение точки роста, у озимой пшеницы, ярового ячменя, гороха — частично листового аппарата. Также был нанесен ущерб всходам ранних овощных культур, цветущим садам, виноградникам.

В летний период, в связи с частым перемещением холодных атмосферных фронтов, наблюдались сильные ливневые осадки с шквалистым ветром и градом. В ответственные, критические периоды вегетации, как ранних зерновых, зернобобовых так и поздних

культур наблюдалась жаркая сухая погода, угнетающая посевы, что отрицательно повлияло на урожайность и валовой сбор продукции.

В осенний период 2009 года сложились крайне неблагоприятные агрометеорологические условия для сева, обработки почвы и первоначального развития озимых культур урожая 2010 года. Вследствие крайне неудовлетворительного увлажнения почвы сдерживался сев и дальнейшее развитие озимых культур.

Агрометеорологические условия роста и развития сельскохозяйственных культур

Озимые культуры

Предпосевной период характеризовался очень сухой погодой. В августе в большинстве районов количество осадков не превысило 1-7 мм или 2-17 % месячной нормы. Сухая жаркая погода сохранялась и в первой декаде сентября. По данным метеостанций по состоянию на 8 сентября на полях, предназначенных под посев озимых культур урожая 2009 года, полезная для растений влага в пахотном слое почвы отсутствовала. В период 13-23 сентября характер погоды существенно изменился. С выходом циклона похолодало, прошли интенсивные дожди. Сумма осадков, выпавших за этот период, на преобладающей части территории области, составила 65-100 мм или 159-244 % нормы. Запасы продуктивной влаги в верхних слоях почвы существенно пополнились. Складывались благоприятные условия для вегетации озимых культур. Однако переувлажнение верхнего (0-10 см) слоя почвы сдерживало темпы сева. Только в последней пятидневке сентября, с улучшением погодных условий и подсыханием почвы, в хозяйствах области приступили к массовому севу озимых культур. До 10 октября было засеяно большинство площадей. В целом посевная кампания была проведена на 17-20 дней позже многолетних сроков.

Осенью активная вегетация озимых культур продолжалась до конца второй декады ноября. Оптимальные условия по тепло- и влагообеспеченности для нормального произрастания озимых посевов наблюдались до середины октября. В дальнейшем, из-за значительного недобора осадков во второй половине октября и отсутствия их в первой и второй декадах ноября, запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы не превышали 9-20 мм и были недостаточными для формирования оптимальной кустистости и укоренения растений. С понижением температурного режима в третьей декаде октября растениям для нормального роста и раз-

вития уже недоставало тепла, особенно в северных и центральных районах области. Развитие озимых культур проходило на 2-3 недели позже средних многолетних сроков. По состоянию на 10 ноября у озимой пшеницы, посеянной 25 сентября — 10 октября, на большинстве площадей наблюдалось образование узловых корней и кущение. Однако кустистость не превышала 1,1-2,4 стебля в среднем на одном растении. На поздних посевах отмечалось прорастание зерна, всходы и 3-й лист. В третьей декаде ноября у озимых культур на большинстве площадей еще продолжалась слабая вегетация, на севере области они находились в состоянии покоя. Преобладание солнечной и сухой погоды в этот период способствовало нормальному прохождению закалки растений.

По результатам осеннего обследования, проведенного метеостанциями и постами 24-25 ноября, озимые культуры на большинстве площадей находились в фазе кущения. Однако из-за недостатка влаги в почве, в отдельные периоды эффективного тепла, озимые культуры перед уходом в зиму оптимальной кустистости не достигли. В основном она составляла 1,8-2,6, лишь местами — 3,0-3,3 стебля. Высота раскустившихся посевов составляла 17-25 см. На поздних посевах (после 11 октября) озимые культуры находились в фазе 3-го листа и всходов. Высота растений при 3-м листе составляла 10-14 см. Состояние посевов преобладало хорошее и удовлетворительное. Слабые, изреженные и не взшедшие посевы составили около 15 % площади. В начале третьей декады ноября после длительного периода сухой погоды выпали осадки в виде дождя и мокрого снега. В зависимости от количества выпавших осадков запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы составляли 11-37 мм, в метровом — 54-135 мм. Пополнение запасов полезной влаги наблюдалось в основном в верхних слоях почвы.

В первой декаде декабря, в связи с необычно теплой погодой, повсеместно отмечалось возобновление вегетации озимых культур. Однако существенного изменения в росте и развитии посевов на большинстве площадей не произошло. Лишь местами в юго-западных районах у растений было отмечено начало кущения. Окончательное прекращение вегетации озимых культур в северных и центральных районах наблюдалось в конце первой декады декабря. В южных и юго-западных районах вегетация прекратилась 13-21 декабря, что повсеместно на 3 недели позже средних многолетних дат.

Зимний режим погоды в северных и центральных районах установился в начале второй декады, повсеместно — в третьей де-

каде декабря. Почва на 31 декабря промерзла до 10-18 см. На полях образовался неравномерный снежный покров высотой 1-3 см, местами наблюдались оголенные от снега участки. В северных районах высота снега составляла 7-9 см.

В декабре условия для перезимовки озимых культур в большинстве районов были удовлетворительными. Минимальная температура почвы на глубине залегания узла кущения (3 см) составила 1-4⁰ мороза и опасности для растений не представляла. На части площадей в северных и центральных районах, в связи с образованием в конце второй декады декабря притертой к поверхности почвы ледяной корки, условия для перезимовки были неблагоприятными.

Сложные агрометеорологические условия для перезимовки озимых культур наблюдались в период с 1 по 14 января 2009 года. В результате затoka арктического воздуха, значительно похолодало. Средняя температура воздуха в первой декаде января была на 3-4⁰ ниже нормы. Минимальная температура воздуха и на поверхности почвы на севере области понижалась до 20-23⁰ мороза, в большинстве районов — 12-17⁰ мороза. Действие низких температур усиливалось северным ветром (15 м/с и более). Глубина промерзания почвы составляла 20-38 см, местами в восточных районах — 43 см. Высота снежного покрова в большинстве районов не превышала 1-3 см, местами снег отсутствовал вовсе. Лишь на севере области высота снега составляла 5-7 см. Минимальная температура почвы на глубине залегания узла кущения на полях, укрытых снегом высотой 1-7 см, ниже 4-7⁰ мороза не понижалась и опасности для растений не представляла. Местами в восточных и юго-западных районах, при отсутствии снега и сложном рельефе, минимальная температура почвы достигала 10⁰ мороза и могла вызвать значительную изреженность и гибель слаборазвитых с осени посевов озимого ячменя и озимой пшеницы. Сохранение притертой к поверхности почвы ледяной корки толщиной 16-17 мм на ряде площадей в северных, центральных и восточных районах наносило дополнительные повреждения растениям.

Критическая температура вымерзания растений на 10 января 2009 года по данным СГИ (в результате промораживания) и расчетам агрометеорологов ГМЦ ЧАМ для хорошо развитой озимой пшеницы составляла 17-19⁰, для озимого ячменя — 13-14⁰ мороза.

С 15 января температурный фон повысился, и до конца месяца преобладала теплая для данного времени погода. В результате отте-

пельной погоды, снежный покров и ледяная корка на полях разрушились, почва оттаяла на полную глубину. Неблагоприятных факторов для перезимовки озимых культур не наблюдалось. Результаты отращивания проб, взятых с полей 25 января, на большинстве площадей свидетельствовали о нормальной перезимовке растений.

В первой декаде февраля необычно теплая погода еще сохранялась. На ряде площадей, в основном в юго-западных районах, отмечалось преждевременное возобновление вегетации озимых культур. С 12 февраля, в результате затока арктического воздуха, вновь установился зимний режим погоды. 13-14 февраля озимые культуры прекратили вегетацию по температурным условиям. Вследствие длительной оттепели зимостойкость озимых культур понизилась на 2-3°. Критическая температура вымерзания растений на 20 февраля составляла 15-16° мороза для хорошо развитой озимой пшеницы и 10-11° мороза для озимого ячменя. Минимальная температура почвы на глубине залегания узла кущения составляла 1-4° мороза и опасности для растений не представляла. По данным отращивания проб, взятых 19-20 февраля, повреждений и гибели растений не обнаружено.

В первой пятидневке марта посеы озимых культур находились в состоянии покоя. Во второй пятидневке температурный фон существенно повысился. 8-10 марта в южной половине области озимые культуры возобновили вегетацию, что на неделю раньше средних многолетних дат. Однако во второй и третьей декадах из-за недостатка эффективного тепла активной вегетации у растений не наблюдалось. Слабое отрастание свежей зелени у озимых культур в центральных районах началось 16-18 марта, на севере области — 22-24 марта, в сроки, близкие к средним многолетним датам. По результатам весеннего обследования, проведенного метеостанциями и постами через 10 дней после возобновления вегетации на большинстве площадей озимые культуры находились в фазе кущения. Густота посевов в юго-западных районах составляла 1069-1290 стеблей на одном кв. метре. В центральных и северных районах она была меньше оптимальной — 698-825 стеблей. Состояние посевов было удовлетворительное и хорошее. На части площадей озимые культуры были слабые и изреженные. В большей степени в зимний период от негативных факторов (ледяной корки, низких температур) пострадали посеы озимого ячменя.

Из-за преобладания сухой погоды в зимний период пополнения запасов продуктивной влаги в почве не происходило. Только

благодаря существенным осадкам, выпавшим в третьей декаде марта, запасы влаги в пахотном слое почвы пополнились до оптимальных значений и составляли 31-40 мм. В метровом слое почвы они были хорошими (150-160 мм) и удовлетворительными (135-140 мм). Глубина весеннего промачивания почвы в большинстве районов составляла 120-140 см. Местами в восточных и юго-западных районах — не превышала 90-115 см.

В первой декаде апреля теплая погода и хорошая влагообеспеченность способствовали нормальному произрастанию озимых культур. Во второй декаде апреля на большинстве площадей у растений начался рост стебля. Однако агрометеорологические условия для формирования вторичной корневой системы, закладки колоса и роста стебля во второй и третьей декадах апреля, из-за отсутствия эффективных осадков и очень низкой относительной влажности воздуха для данного времени весны, были крайне неблагоприятными. Интенсивные заморозки (7-9°) в воздухе и на высоте 2 см от поверхности почвы, наблюдавшиеся 22-24 апреля на фоне очень низкой относительной влажности воздуха (19-26 %), на ряде площадей вызвали повреждения растительной массы и ухудшение состояния посевов озимых культур. Запасы влаги на 28 апреля уменьшились в метровом слое до 60-90 мм и были недостаточными для нормального произрастания растений.

В первой декаде мая условия для вегетации озимых культур несколько улучшились. Повсеместно прошли дожди. Однако распределение осадков по территории области было неравномерным. В зависимости от количества выпавших осадков, запасы влаги в метровом слое почвы составляли 63-100 мм и были недостаточными и удовлетворительными. Хорошие запасы влаги 110-130 мм в 0-100 см слое почвы наблюдались на отдельных площадях.

Колошение озимых хлебов на большинстве площадей проходило во второй декаде мая, что на одну неделю раньше средних многолетних дат. Если теплом и светом растения были обеспечены, то для полноценного колошения запасов продуктивной влаги, равных 42-63 мм в метровом слое почвы, было недостаточно. Лишь на ряде площадей влагообеспеченность посевов была оптимальной — 90-110 мм. Высота растений в период массового колошения составляла 60-78 см. На части площадей посевы сформировались низкорослые — 43-47 см. На одном квадратном метре насчитывалось 680-1180 стеблей с колосом. В колосе сформировалось развитых колосков 15-18 и 1-3 недоразвитых. Состояние посевов преоблада-

ло удовлетворительное и хорошее. На ряде площадей отмечалось преждевременное пожелтение листьев нижнего яруса.

В период цветения и налива зерна из-за суховейных явлений агрометеорологические условия для формирования полноценного урожая озимых хлебов были неблагоприятными. Запасы влаги на 28 мая на большинстве площадей уменьшились в метровом слое почвы до 30-62 мм. Местами они были критическими — 25 мм и меньше в 0-100 см слое почвы. Из-за отсутствия осадков, высокой температуры воздуха (27-30°), низкой относительной влажности воздуха (ниже 25 %), недостаточных запасов влаги в почве условия для оплодотворения были неблагоприятными. У озимых культур наблюдалась череззерница.

В период созревания озимых культур преобладала жаркая сухая погода. Развитие их проходило на 7-9 дней раньше средних многолетних дат. Молочная спелость зерна наступила 4-12 июня. Высота растений в этот период составляла 64-90 см, на лучших посевах — 103-118 см. Длина колоса преобладала 6-8 см, местами — 9-11 см. Густота посевов составляла 680-900, местами — 490-530 стеблей с колосом на одном квадратном метре. В колосе насчитывалось 31-39, на ряде площадей — 25-29 зерен. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на большинстве площадей были критическими и не превышали 11-30 мм, местами в северных и центральных районах они оставались удовлетворительными — 45-56 мм. У растений отмечалось преждевременное засыхание листьев, пожелтение колосьев.

Восковая спелость зерна наступила 18-26 июня. В результате суховейных явлений зерновка сформировалась щуплой, с низким абсолютным весом. Холодные ночи (6-10° тепла), наблюдавшиеся в первой и второй декадах июня, также оказывали негативное влияние на качество и урожайные свойства зерна.

Полной спелости озимые хлеба достигли 24 июня - 4 июля.

Для уборки урожая погодные условия были в основном хорошими и удовлетворительными. Местами ливневые осадки, полегшие посевы мешали своевременному проведению уборочных работ. На ряде площадей ливни, град, шквалистый ветер нанесли значительный ущерб и недобор урожая озимых хлебов.

Ранние яровые зерновые культуры (ячмень)

В марте наблюдалась неустойчивая с выпадением осадков погода. Существенное потепление наступило в последней пятидневке месяца, способствовавшее прогреванию и поспеванию почвы. Мас-

совый сев ранних яровых зерновых культур в южных и юго-западных районах проводился во второй — начале третьей декады марта, что на 7-10 дней раньше средних многолетних дат. В северных и центральных районах к севу приступили в конце марта — первой пятидневке апреля, в сроки близкие к средним многолетним датам. Запасы продуктивной влаги в период сева ярового ячменя составляли в пахотном слое почвы 30-42 мм, что было достаточно для появления дружных всходов и первоначального развития культуры.

В апреле преобладала теплая сухая погода. Отмечался большой недобор осадков. Условия для произрастания ранних яровых зерновых культур в первой декаде апреля, благодаря теплой погоде оставались в основном хорошими. Во второй и третьей декадах апреля агрометеорологические условия ухудшились, в связи с частыми заморозками, низкой относительной влажностью воздуха, отсутствием осадков. Всего за апрель в большинстве районов с минимальной относительной влажностью воздуха 30 % и менее насчитывалось 12-21 день. В период 22-24 апреля, в связи с вторжением арктического воздуха, резко похолодало. Температурный режим понизился на 4-6°. Отмечались заморозки опасные для всходов ярового ячменя: в воздухе интенсивностью 0-4° (местами до 5-6°), на поверхности почвы — 2-6° мороза, на высоте 2 см от поверхности почвы — 7-9° мороза. На ряде площадей развитие культуры проходило медленно. Запасы продуктивной влаги по состоянию на 28 апреля в пахотном слое почвы в центральных и северных районах оставались удовлетворительными и составляли 26-35 мм. На большинстве площадей они уменьшились до 12-17 мм, местами в юго-западных районах — 7 мм, что недостаточно для нормального произрастания растений. Всходы ярового ячменя на большинстве площадей появились 4-10 апреля, а во второй-третьей декадах появился 3-й лист. Кущение ярового ячменя началось в конце апреля — первой декаде мая. Высота раскутившихся растений на 30 апреля составляла преимущественно 18-25 см. Состояние культуры было удовлетворительное и хорошее. Посевы, находившиеся в фазе всходов, 3-го листа были слабыми и изреженными.

В первой декаде мая, благодаря прошедшим дождям, на большинстве площадей пополнились запасы влаги в почве. Агрометеорологические условия для произрастания яровых зерновых культур улучшились. Во второй декаде мая, несмотря на отсутствие осад-

ков, условия для вегетации растений оставались удовлетворительными. У ярового ячменя над поверхностью почвы появился нижний узел соломины, начался рост стебля. Высота растений от поверхности почвы до отгиба верхнего листа составляла 11-19 см. В третьей декаде мая условия для закладки и формирования полноценного колоса, из-за отсутствия осадков, и как следствие снижение запасов продуктивной влаги в почве, были неблагоприятными. Запасы продуктивной влаги по данным на 28 мая на большинстве площадей в метровом слое почвы уменьшились до недостаточных и составляли 42-52 мм. Лишь местами они оставались удовлетворительными и хорошими — 90-106 мм.

Колошение ярового ячменя наступило в конце мая - первой декаде июня, что на одну-полторы недели раньше средних многолетних дат, местами в сроки близкие к ним. Высота растений на дату массового колошения составляла 41-72 см. Число колосоносных стеблей по данным метеостанций и постов равнялось преимущественно 445-586 стеблей на 1 кв. метр.

В июне преобладала теплая, временами жаркая погода, неблагоприятная для формирования и налива зерна ранних яровых зерновых культур. Осадки выпадали в виде ливней, распределение их было крайне неравномерным. Происходило дальнейшее снижение запасов влаги в почве. Также неблагоприятным фактором в период налива зерна было понижение температуры воздуха в ночные часы до 8-10⁰, местами — 6⁰ тепла.

Молочная спелость ярового ячменя наступила 10-20 июня, что на 1-2 недели раньше средних многолетних дат. Высота растений к этому времени составила 51-85 см, длина колоса — 6-9 см. На 1 кв. метре насчитывалось 445-592 стеблей с колосом. Состояние посевов преобладало удовлетворительное. Восковой спелости зерно ярового ячменя достигло в период 24-30 июня. Полная спелость зерна наступила 2-12 июля.

Погодные условия в основном благоприятствовали уборке урожая ярового ячменя, в отдельные дни уборочные работы осложнялись дождями.

Зернобобовые культуры (горох)

Существенное потепление, способствовавшее прогреванию и посеванию почвы, наблюдалось в последней пятидневке марта. В течение месяца выпадали осадки, пополнявшие запасы влаги в почве. Массовый сев гороха проводился в юго-западных районах области

во второй декаде марта, что на одну неделю раньше средних многолетних сроков. В центральных и северных районах — в третьей декаде марта, в сроки близкие к многолетним датам. Запасы продуктивной влаги под горохом по состоянию на 28 марта составляли в пахотном слое почвы 30-35 мм, что было достаточно для появления всходов и дальнейшего первоначального роста и развития растений.

В первой и второй декадах апреля преобладала теплая солнечная погода, благоприятная для развития зернобобовых культур. Всходы гороха в юго-западных районах появились в первой декаде апреля, а к середине месяца у гороха образовался 3-й лист. Развитие культуры проходило раньше обычных сроков на 7-10 дней. Высота растений на 20 апреля составляла 4-7 см. Состояние посевов преобладало хорошее и удовлетворительное. На большинстве площадей всходы гороха появились в конце второй декады апреля. Несмотря на отсутствие осадков в течение двух декад, запасы продуктивной влаги по данным на 18 апреля в пахотном слое почвы составляли 20-29 мм и были достаточными для нормального произрастания культуры на данном этапе развития. Агрометеорологические условия для произрастания гороха в третьей декаде апреля ухудшились. В связи с затоком холодного арктического воздуха, в период 22-24 апреля, резко похолодало, наблюдались заморозки опасные для всходов гороха. На ряде площадей произошло повреждение растений.

В мае наблюдалась умеренно теплая погода, эффективные дожди прошли лишь в первой декаде месяца. Агрометеорологические условия для роста, развития и формирования урожая гороха во второй декаде оставались удовлетворительными, в третьей были неблагоприятными. У гороха в период 14-24 мая образовались соцветия, а 22-28 мая горох зацвел, в сроки близкие к средним многолетним датам. Началось формирование бобов. Высота растений на дату массового цветения составила 33-47 см, густота — 128-185 растений на 1 кв. метр. Запасы продуктивной влаги в почве на 28 мая составляли 37-68 мм, что недостаточно для формирования полноценного урожая.

Агрометеорологические условия для формирования бобов и налива зерна гороха были неблагоприятными. В июне преобладала очень теплая, временами жаркая, с недобором осадков, погода. В период 6-12 июня у гороха закончилось цветение. По данным

наблюдений метеостанций и постов у гороха к этому времени сформировалось в среднем на одно растение 3-4 боба (местами 9). Созревание гороха наступило 18-22 июня, что на одну неделю раньше обычных сроков. Состояние гороха в период цветения, формирования бобов и налива зерна преобладало удовлетворительное.

Уборка урожая проводилась в третьей декаде июня - первой декаде июля, при благоприятных погодных условиях. В отдельные дни условия для уборки были неблагоприятными — мешали дожди.

Рис

Благоприятные условия для сева риса в текущем году наблюдались лишь в конце апреля. Среднесуточная температура воздуха повысилась до 13-14°. Почва на глубине 10 см прогрелась до 12-15°.

В хозяйствах рис сеяли в первой декаде мая. В отдельные дни проведению сева мешали дожди. В конце второй декады мая благодаря теплой погоде у риса появились всходы. До конца мая солнечная теплая погода способствовала формированию вегетативной массы. 31 мая у риса образовался 3-й лист. Высота растений составляла 9-10 см. На одном квадратном метре насчитывалось 390-400 растений. Состояние рисовых чеков было хорошее и удовлетворительное.

В первой и второй декадах июня, в связи с прохождением холодных фронтов, в отдельные дни наблюдалась прохладная погода. Понижение температуры воздуха в ночные часы до 6-10° тепла приостанавливало ростовые процессы. Из-за слабого нарастания эффективного тепла развитие культуры задерживалось. Для формирования оптимального стеблестоя недоставало тепла. 10-12 июня позже средних многолетних дат на 10 дней у риса началось кущение. Динамики роста практически не наблюдалось. Высота растений в период массового кущения не превышала 13-14 см. В третьей декаде июня температура воздуха повысилась. Условия для вегетации риса улучшились. На посевах начался рост стебля. Высота растений на 30 июня возросла до 39-40 см.

В июле, в связи с интенсивным нарастанием эффективного тепла, развитие культуры проходило в сроки, близкие к средним многолетним датам. Рост стебля продолжался до середины июля. В период 16-18 июля у риса появилась метелка при высоте растений 62-64 см. На одном квадратном метре насчитывалось 900-1015 стеблей с метелкой. Состояние рисовых плантаций было хорошее. До конца июля условия для налива зерна, в связи с сушевыми явлениями, были неблагоприятными.

В августі інтенсивність засушливих явлень усилилась. Услови́я для нормального формирова́ня урожа́я риса сохранились неблагоприя́тними. В конце́ первой декады́ августа́ у риса насту́пила молочна́я спелос́ть. Вы́сота расте́ний скла́дала 76-78 см. В метелке́ насчи́тувалось разви́тих колоско́в — 36 и недоразви́тих — 4. В связи́ с підви́нним температу́рним режи́мом созрева́ние риса проходи́ло на одну́ неде́лю ра́ньше обы́чного. Восково́й спелос́ти зерно́ дости́гло 20 августа́. Полна́я спелос́ть культу́ры насту́пила 31 августа́. Благоприя́тне усло́вие в пери́од нали́ва и созрева́ния зерна́ нега́тивно впли́ли на ка́чество зерна́ и урожа́йно́сть риса. Уборка́ риса проводи́лась во второ́й дека́де сентя́бря. В отде́льные дни́ дека́ды уборке́ урожа́я меша́ли дожди́.

УДК 504.53

*В. Г. Ільїна,
В. Є. Беспоясна*

АНАЛІЗ СТУПЕНЮ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вступ. Ґрунтоутворення́ як процес визна́чається біологі́чними, кліматичні́ми і мінеральні́ми параметрами́ перетворення́, акумуля́ції і елювіа́ції речови́ни і енергі́ї. Перетворення́ вихідно́ї породи́ в ґрунти́ в ході́ таких перетворе́нь і акумуля́ції здійсню́ється під дією́ різни́х поєднань елементарні́х ґрунтоутворюю́чих процесі́в. Саме ді́ї цих процесі́в приводя́ть до зміни́ властиво́стей ґрунти́в, їх розви́тку в часі́.

По співвідно́шенню акумуля́ції і денуда́ції ґрунтово́ї речови́ни в процесі́ еволю́ції виді́ляється декі́лька тренді́в. Якщо́ в процесі́ ґрунтоутворення́ швидко́сті акумуля́ції і денуда́ції речово́го матері́алу врівнова́жені, то такий́ тренд назива́ється автохтонні́м; при переважа́нні акумуля́ції над денуда́цією — акумуля́тивним; при поси́леній ерозі́ї, коли́ ґрунт «ковзає́ в гли́б» — денуда́ційним.

Головни́м завдання́м ґрунтозахи́сного землеробства́ і протиерозі́йної меліора́ції є заміна́ денуда́ційного́ тренда́ ґрунтоутворення́ на автохтонні́й, а в дея́ких випадка́х на акумуля́тивний. Ли́ше при автохтонно́му тренді́ ґрунтоутворення́ принци́пово можли́ве дося́гнення́ ґрунтом за певни́й час повно́го кліма́ксу (або квазі́кліма́ксу), то́бто стану́ квазі́рівнова́ги з довкі́ллям. Оче́видно, що́ саме́ в такому́ стані́ ґрунт дося́гне висо́кої я́кості, мати́ме найбі́льшу родю́чість при дано́му співвідно́шенні́ ґрунтоутворюю́чих чинни́ків взага́лі, і ґрунтоутворюю́чого потенці́алу клі́мату і біо́ти, зокре́ма.

Об'єкти та вихідні матеріали дослідження. Дослідження виконувалося на основі даних про характеристики ґрунтового покриву території Одеської області до яких відносяться: кількість органічної речовини в ґрунті, механічний склад, наявність глинистих фракцій, вологемність, пористість, щільність та інші характеристики ґрунту. При цьому урахувалися кліматичні характеристики території дослідження, а саме, кількість опадів, температурний режим та вітровий режим території. Період спостережень склав 5 років — з 1996 по 2000 рр.

Методи дослідження. Найбільш повне узагальнення існуючих для ґрунтів півдня України оцінок швидкостей формування гумусового горизонту було зроблено за останні десять років. Зміну потужності гумусового горизонту ($H_r(t)$, мм) у часі (t , роки) описано рівнянням:

$$H_r(t) = Q^{2,1} [0,00051 - k \cdot \exp(\lambda t)] , \quad (1)$$

де Q — річні енергетичні витрати на ґрунтоутворення, ккал/см²; k і λ — параметри.

Для чорноземів і темно-каштанових ґрунтів України $\lambda = 0,00027$, а величина k змінюється від 0,00039 до 0,00044. Річні енергетичні витрати на ґрунтоутворення розраховується згідно формули:

$$Q = R \cdot \exp(-18,8 \cdot R^{0,73} / P) , \quad (2)$$

де R — радіаційний баланс, ккал/см² за рік; P — річна сума опадів, мм.

Якщо диференціювати вираз (1) по t , то можна визначити розрахункову залежність для визначення швидкості утворення гумусового горизонту в природних умовах (G , мм/рік), яка після необхідних перетворень матиме наступний вигляд:

$$G = \lambda \cdot (1,3 \cdot Q^{2,1} - H_r(0)) , \quad (3)$$

де $H_r(0)$ — вихідна потужність гумусового горизонту, мм.

Очевидно, що утворення гумусового горизонту на схилах істотно відрізняється від цього процесу на рівнинних ділянках, описаних рівнянням (1). Рельєф є чинником в перерозподілі енергії і речовини, що впливає на тепловий і водний режими ґрунтів.

Адаптація рівняння (3) до умов схилів має бути проведена через зміни величин радіаційного балансу і опадів у формулі (2). Зокрема, зміна величини радіаційного балансу на схилі відбувається лише за рахунок прямої радіації, тоді як інші складові (альbedo, розсіяна радіація) є постійними, тобто:

$$R_c = R_0 (S_c / S_0) , \quad (4)$$

де R_c — радіаційний баланс на схилі, ккал/см² за рік; S_c , S_0 — пряма сонячна радіація відповідно на схильній та на плакорній ділянці, ккал/см².

Параметр «середня багатолітня кількість опадів» в (2) характеризує вплив зволоження ґрунту на процес утворення гумусового горизонту. Його зміна за рахунок рельєфу виражатиметься в зміні вологості ґрунту (зокрема, внаслідок втрат вологи з поверхневим і внутрішньоґрунтовим стоком, а також зміни величин випару на схилах різної експозиції). Побічно цей параметр повинен враховувати вплив бічного внутрішньоґрунтового стоку на процес формування ґрунтового профілю, зокрема на вимивання органічних і мінеральних сполук і колоїдної фракції ґрунтів. Узагальнення літературних даних по зміні запасів вологи на схилах різної експозиції показує, що:

$$P_c = P_0 \cdot (W_c / W_0) , \quad (5)$$

$$W_c = \gamma \cdot k_r \cdot W_0 + \alpha' (L / \sqrt{I}) , \quad (6)$$

де P_0 — кількість опадів, мм; W_c — запаси вологи у метровому шарі ґрунту на схилі; W_0 — запаси вологи у метровому шарі ґрунту; γ — параметр, який для північних схилів дорівнює 1, а для південних 0,95; $k_r = S_c / S_0$; L — довжина схилу, м; I — нахил.

Величина W_0 легко визначається за матеріалами Гідрометслужби. Підставляючи значення R_c і P_c в (2), можна отримати величини річних енергетичних витрат на утворення гумусового горизонту ґрунтів на схилах різної експозиції, довжини і крутості.

Рівняння (1) при відносно постійній дії кліматичної складової, гранулометричного складу, реакції ґрунтового розчину, біохімічного складу рослинних залишків, по суті, описує лише швидкість одного процесу. А саме, швидкість процесу сорбування гумусових часток поверхнею ґрунтоутворюючої породи і одночасне розкладання алюмоферросилікатних мінералів. З часом сумарна поверхня частинок ґрунтового субстрату зменшується, швидкість процесу відбору і закріплення найбільш стійких гумусових речовин — гумінових кислот затухає, ґрунт досягає стану квазіклімаксу. За цей період зростає гумусовий горизонт, нижня границя якого обмежується ступенем інтенсивності мікробіологічної діяльності і кількістю придатних для гуміфікації рослинних залишків.

При протиерозійному проектуванні необхідно оперувати середньозваженою по довжині схилу (L , м) величиною G_c . Тому підсумкове вираження матиме наступний вигляд:

$$G_c = 0,00027 \cdot \left\{ \sum_{j=1}^m [1 - \exp(-\beta \cdot M_j)] \cdot (1,3 \cdot Q_j^{2,1} - H_{ej}(0)) \cdot l_j \right\} / L, \quad (7)$$

де m — кількість сегментів на схилі довжиною l_j .

Очевидно, що $\sum l_j = L$. Запис підсумкового рівняння у вигляді (7) дозволяє враховувати міру змитості ґрунту і зміну величини надходження рослинних залишків до ґрунту в залежності від еродованості. Головною перевагою моделі (7), на відміну від існуючих підходів оцінки допустимої норми ерозії, є можливість врахування: а) експозиції, довжини, ухилу конкретного схилу; б) рівня агротехніки і структури сівозмін; в) міри змитості ґрунту. Тобто такий підхід дозволяє перейти від переважаючого зараз визначення допустимої норми ерозії на рівні ґрунтового типу або підтипу до визначення індивідуальної допустимої норми ерозії для кожного конкретного схилу або агроландшафту.

Результати дослідження та їх аналіз. За вище наведеною методикою були розраховані норми ерозії для ґрунтів півдня України. Для їх розрахунку було розглянуто декілька типових ситуацій, а саме, три рівні агротехніки — високий, середній і низький і два варіанти сівозмін — польові і кормові (ґрунтозахисні). Для високого рівня врожайність озимої пшениці приймалася > 5 т/га, середнього — 2-5 т/га, низького — < 2 т/га; кукурудзи і зерна відповідно > 6 т/га, 3-6 т/га, < 3 т/га; гороху (зерно) — > 4 т/га, 2-4 т/га, < 2 т/га; багатолітніх трав (зелена маса) — > 30 т/га, 10-30 т/га, < 10 т/га.

Для перших двох рівнів агротехніки для розрахунку бралися середні багатолітні норми внесення гною 7 і 4 т на гектар площі. Враховувалося також зниження врожайності сільськогосподарських культур на змитих ґрунтах. Розрахунки проводилися по сівозмінах, що рекомендувалися для півдня України. Усереднені результати розрахунків при щільності складання ґрунту, рівного 1,2, приведені в табл. 1.

Розрахунки за рівнянням (1) і дані табл. 1 показують, що швидкість утворення гумусового горизонту при інших рівних рівнях зростає за мірою збільшення еродованості ґрунтів, що є наслідком вихідної залежності. Сильний вплив на швидкість утворення гумусового горизонту мають рівень агротехніки і тип сівозмін.

Збільшення кількості органічної речовини також стимулює зростання швидкості утворення гумусового горизонту еродованих ґрунтів.

Таблиця 1.

Допустимі норми ерозії для ґрунтів півдня України, т/га

ґрунти	Ступінь змитості	Польові сівозміни			Кормові сівозміни (ґрунтозахисні)		
		рівень агротехніки			рівень агротехніки		
		високий	середній	низький	високий	середній	низький
Чорноземи звичайні	незмиті	0,1/0,12	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1
	слабо змиті	0,2/0,2	0,3/0,2	0,1/0,1	0,4/0,3	0,3/0,2	0,2/0,1
	середньо змиті	1,1/0,9	0,7/0,6	0,2/0,1	1,2/0,9	0,9/0,8	0,4/0,3
	сильно змиті	1,6/1,4	1,1/1,0	0,2/0,2	1,7/1,5	1,4/1,3	0,4/0,4
Чорноземи південні	незмиті	0,2/0,2	0,2/0,2	0,1/0,1	0,2/0,2	0,2/0,2	0,1/0,1
	слабо змиті	0,6/0,3	0,5/0,3	0,1/0,1	0,7/0,3	0,5/0,3	0,2/0,1
	середньо змиті	1,1/0,8	0,8/0,6	0,2/0,1	1,2/0,8	1,0/0,7	0,3/0,2
	сильно змиті	1,7/1,4	1,2/1,1	0,1/0,1	1,8/1,5	1,4/1,2	0,4/0,4
Темно-каштанові	незмиті	0,2/0,2	0,2/0,2	0,1/0,1	0,2/0,2	0,2/0,2	0,1/0,1
	слабо змиті	1,0/0,6	0,8/0,5	0,2/0,2	1,1/0,6	0,9/0,5	0,4/0,2
	середньо змиті	1,2/0,9	0,9/0,8	0,3/0,2	1,3/0,9	1,1/0,8	0,4/0,3
	сильно змиті	1,6/1,3	1,2/1,1	0,2/0,2	1,7/1,3	1,4/1,2	0,4/0,3

Примітка: Чисельник — північна експозиція, знаменник — південна експозиція

Факт зміни темпів утворення гумусового горизонту еродованих ґрунтів в залежності від кількості органічної речовини, яка поступає в ґрунт, має фундаментальне значення для вирішення проблем протиерозійного облаштування агроландшафтів схилів. Він передбачає регулювання співвідношення «ерозія — утворення гумусового горизонту (допустимої норми ерозії)» не лише за рахунок впровадження протиерозійних заходів, але і за рахунок стимуляції темпів ґрунтоутворення шляхом внесення до ґрунту високих доз органічних добрив і надходження рослинних залишків, які, очевидно, залежать від рівня врожайності. А тому всі способи, які направлені на підвищення врожайності сільськогосподарських культур — внесення мінеральних добрив, впровадження сучасних методів захисту рослин від шкідників і бур'янів, якісне виконання агротехнічних прийомів — є ґрунтозахисними заходами, які підвищують величину допустимої норми ерозії.

Аналогічним прийомом слід вважати зрошувальну меліорацію, проте, її вплив на величину допустимої норми ерозії дуже специфічний. Значна енергетична дотація за рахунок зрошування приводить до зростання врожайності сільськогосподарських культур, а значить, і виходу кількості рослинних залишків, які поступають в ґрунт. Приблизні розрахунки показали, що в умовах зрошування, особливо на високому рівні агротехніки, об'єми органічної речовини, що поступає в ґрунт, наближаються до щорічного опаду цілинної рослинності. Згідно з оцінками, середня багатолітня кількість рослинних залишків і органічних добрив, перерахованих по біохімічному еквіваленту до цілинного опаду, дорівнює на високих зрошуваних агротехнічних фонах 10-12 т/га за рік, тоді як в цілинних умовах щорічний опад типчакowo-ковильного степу вагався в межах 6-12 т/га. Результати розрахунків допустимої норми ерозії, зроблених по формулі (7), з новими значеннями енергетичних витрат на ґрунтоутворення і кількістю органічної речовини, що щорічно поступає в ґрунт, приведені в табл. 2.

Таблиця 2.

Допустимі норми ерозії для зрошуваних схилових ґрунтів півдня України, т/га

Ґрунти	Ступінь змитості	Польові сівозміни			Кормові сівозміни (ґрунтозахисні)		
		рівень агротехніки			рівень агротехніки		
		високий	середній	низький	високий	середній	низький
Чорноземи звичайні	незмиті	1,8/1,8	1,5/1,5	0,6/0,6	1,9/1,9	1,6/1,6	0,8/0,8
	слабо змиті	2,1/1,9	1,6/1,6	0,6/0,6	2,1/1,9	1,8/1,6	0,8/0,8
	середньо змиті	2,6/2,3	1,9/1,8	0,6/0,6	2,8/2,5	2,0/1,9	0,9/0,9
	сильно змиті	2,9/2,7	2,1/1,8	0,4/0,4	3,2/2,9	2,6/2,6	0,9/0,9
Темно-каштанові	незмиті	2,0/2,0	1,6/1,9	0,6/0,6	2,1/2,1	1,8/1,8	0,9/0,9
	слабо змиті	2,7/2,5	2,1/1,9	0,5/0,5	2,9/2,5	2,2/2,0	2,0/0,9
	середньо змиті	2,7/2,5	1,9/1,8	0,4/0,3	2,9/2,6	2,2/2,1	0,7/0,6
	сильно змиті	3,0/2,6	2,1/1,9	0,2/0,2	3,2/2,8	2,5/2,2	0,7/0,6

Примітка: Чисельник — північна експозиція, знаменник — південна експозиція

Порівняння цих результатів з даними по допустимій нормі ерозії для незрошуваних умов для аналогічних ґрунтів і рівнів агротехніки (табл. 1) показує, що зрошувальна меліорація досить сильно стимулює ґрунтоутворення процес. Як показують розрахунки, в цілому надбавка G складає для південних чорноземів 0,1-1,4 т/га, для

темно-каштанових 0-1,6 т/га в залежності від експозиції схилу, міри змитості і рівня агротехніки.

Висновки. Продуктивність агроландшафтів не є єдиним критерієм встановлення допустимої норми ерозії, оскільки непрямий збиток від ерозії (забруднення і замулювання водоймищ) може перевищувати збиток від недобору урожаю на еродованих ґрунтах. Для ґрунтів, схильних до ерозії, дуже важливі морфологічні властивості як індикатор міри зниження родючості і інтенсивності ерозійних втрат. Тому величина гумусового горизонту і є тією властивістю, яка підлягає управлінню.

Література

1. Браун Л. Р. Предотвращение эрозии почвы // Мир восьмидесятых годов. — М.: Прогресс, 1989. — С. 295-317.
2. Болдырев А. П., Кивер Н. С. Повышение продуктивности орошаемых склоновых земель. — Кишинев, 1981. — 140 с.
3. Швец Г. И., Светличный А. А. Определение эрозионной опасности орошаемых земель // Земледелие. — 1989. — № 7. — С. 74-75.
4. Швец Г. И., Светличный А. А., Черный С. Г. Противозерозионная стойкость почв юга УССР и ее изменение под влиянием орошения // Почвоведение. — 1988. — № 1. — С. 94-100.

Резюме

Проблема эрозийной опасности грунтового покрова является одной из основных при оценке деградационных процессов в геологической среде. Юг Украины характеризуется сложными грунтовыми, климатическими и экологическими условиями. Поэтому при оценке эрозийных процессов необходимо применение современных методов изучения.

РЕГІОНАЛЬНА ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ СТОСОВНО ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

Значна частина природних ресурсів, у тому числі агрокліматичних, до теперішнього часу використовуються недостатньо. Це пов'язано, перш за все, з недостатнім вивченням клімату і місцевого клімату на регіональному рівні в плані використання його в сільському господарстві. Тому бонитировка клімату на території конкретної країни і навіть в межах адміністративної області належить до числа дуже актуальних питань, пов'язаних з біологічною продуктивністю земель.

Стосовно території колишнього СРСР, для порівняльної оцінки продуктивності клімату найбільш відомі дослідження С. А. Сапожникової [1], П. І. Колоскова [2], Д. І. Шашко [3]. На кафедрі агрометеорології і агрометпрогнозів ОДЕКУ З. А. Міщенко і Н. В. Кирнасівська [4] виконали регіональну оцінку і районування показників біокліматичного потенціалу земель на території України при природному і оптимальному зволоженні з врахуванням гірських районів.

У даній роботі використовувалась фізико-статистична модель розрахунку біокліматичного потенціалу (*БКП*), який визначається у відносних значеннях або балах, запропонована Д. І. Шашко. Біокліматичний потенціал характеризується комплексом кліматичних показників, що визначає можливості сільськогосподарського виробництва. В більш вузькому сенсі *БКП* характеризується комплексом кліматичних показників, що визначає біологічну продуктивність земель на даній території. До їх числа належать показники тепло- і вологозабезпеченості, сумісний вплив яких на продуктивність рослин виражається формулою для визначення *БКП* стосовно великої території СНД у вигляді

$$БКП = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^\circ C}{\sum T_{c(баз)}} , \quad (1)$$

де *БКП* — відносне значення біокліматичного потенціалу; K_p — коефіцієнт росту по річному показнику атмосферного зволоження (*Мд*); $\sum T_c > 10^\circ C$ — сума активних середньодобових температур повітря за період активної вегетації; $\sum T_{c(баз)}$ — базисна сума температур.

Як базисні можуть бути узяті суми температур повітря: 1000 °С — для порівняння з продуктивністю клімату на північній межі масового польового землеробства; 1900 °С — для порівняння з середньою по країні продуктивністю клімату; 3100 °С — для порівняння з продуктивністю в оптимальних умовах росту в помірному поясі.

В наведеній формулі (1) коефіцієнт росту K_p є відношенням урожайності культури при чинних умовах вологозабезпеченості до максимальної урожайності в умовах оптимального зволоження. Його значення розраховуються по формулі

$$K_p = 1,5 \lg(20Md) - 0,24 + 0,63Md - Md^2, \quad (2)$$

де Md — показник атмосферного зволоження, який розраховується по формулі

$$Md = \frac{\Sigma P}{\Sigma(E - e)}, \quad (3)$$

де ΣP — кількість опадів за рік, мм; $\Sigma(E - e)$ — сума дефіцитів вологості повітря за рік.

При значенні $Md = 0,50$ створюються оптимальні умови вологозабезпеченості рослин. Щодо цих умов K_p приймає значення одиниці. В сухих умовах південних степів, де Md не перевищує 0,10-0,20, коефіцієнт росту K_p знижується до 0,19-0,37 при вирощуванні культур на богарних землях, тобто без зрошування.

Формули для порівняльної оцінки в балах біологічної продуктивності клімату (B_K) щодо середньої для країни продуктивності і продуктивності в оптимальних умовах зростання рослин ($B_{K(оп)}$) з врахуванням базисних температур мають такий вигляд:

$$B_K = K_p \frac{\sum T_c \cdot 100}{1900 \text{ } ^\circ\text{C}} = 55 \text{ БКП} \quad (4)$$

$$B_{K(оп)} = K_p \frac{\sum T_c \cdot 100}{3100 \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,6 B_K \quad (5)$$

За цією методикою була проведена оцінка біокліматичного потенціалу, що характеризує біокліматичну продуктивність клімату при природному зволоженні ($БКП$, B_K і $B_{K(оп)}$) для шести станцій Одеської області. Для кожної станції були розраховані граничні значення сум середньодобових температур повітря вище 10 °С за теплий період ($\Sigma T > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$), сума дефіцитів вологості повітря (Σd), сума опадів за рік (ΣR). А далі був розрахований біокліматичний потенціал території ($БКП$) при природному зволоженні для порівняль-

ної оцінки біологічної продуктивності клімату по території Одеської області. Бальна оцінка біокліматичного потенціалу території була виконана по формулах (4, 5). Результати розрахунків були представлені в табл. 1.

З табл. 1 видно, що $\sum T > 10$ °C (за теплий період) по території області змінюються від 2900 °C (північ області) до 3490 °C (південь області). Сума опадів за рік змінюється від 350-380 мм (центр області) до 420 мм (північ). Але найбільша кількість опадів (430 мм) протягом року випадає на півдні області, що можна пояснити особливостям регіональної циркуляції атмосфери. Сума дефіцитів вологості повітря на території області змінюється від 1240 мм (північ) до 1454 мм (південь). Для характеристики умов зволоження ми розрахували значення умовного показника зволоження Д. І. Шашко (M_d) по формулі (3). Його значення змінюються від 0,26-0,28 (центр) до 0,34 (північ). Відповідно до цього міняється і коефіцієнт росту: від 0,72 в центрі до 0,83 на півночі області. Біокліматичний потенціал території у відносних одиницях змінюється від 2,34 (центр) до 2,72 (південь).

Згідно шкали оцінки загальної біологічної продуктивності, розробленої Д. І. Шашко, на території колишнього СРСР було виділено 7 регіонів від дуже низької оцінки ($B_{КП} = 0,8$) до дуже високої оцінки ($B_{КП} > 3,4$). Північний степ належить до регіону зі зниженою біологічною продуктивністю при природному зволоженні. Оскільки територія України має більш обмежені розміри в порівнянні з територією СНД, представляє інтерес оцінка біокліматичного потенціалу в балах (B_K) для районів Одеської області. Розрахунок був проведений по формулі (4). В ньому за базисну суму температур було узяті значення 1900 °C. Воно відповідає середній біологічній продуктивності по країні. З отриманих результатів видно, що B_K істотно змінюється в географічному розрізі. Найменші значення біокліматичного потенціалу порядку 129-131 балів характерні для районів центральної частини області. У напрямку на північ області значення балової оцінки збільшуються до 133-135 балів. На півдні області спостерігається найвище значення B_K — 150 балів.

Розрахунки біокліматичного потенціалу були виконані нами також для оптимальних умов зростання. В цьому випадку за базисну суму температур була узяті сума 3100 °C. Як видно з табл. 1, найнижча біологічна продуктивність характерна для центральної частини Одеської області, де $B_{K(оп)}$ складає 77-79 балів. На півночі

області $B_{к(оп)}$ збільшується до 80-81 балів. Найвища біологічна продуктивність характерна для півдня — 90 балів. Необхідно відзначити, що отримані по території Одеської області значення основних показників, що характеризують біологічну продуктивність клімату, дозволяють віднести досліджувану територію до зони з порівняно високою продуктивністю клімату.

При рішенні питання про раціональне розміщення зернових і технічних культур необхідно проводити порівняльну оцінку ефективності використання біокліматичного потенціалу території конкретними культурами в будь-якому регіоні України. Розраховані значення $БКП$ при природному зволоженні місцевості наводяться в табл. 1. З величиною $БКП$ порівнюють частину загального біокліматичного потенціалу, яку використовує кожна культура у вигляді $БКПК$ (біокліматичний потенціал культури). Він розраховується по формулі

$$БКПК = K_p \cdot \frac{\sum T_{вп}}{1000^{\circ}C}, \quad (6)$$

де сума активних температур повітря вище $10^{\circ}C$ розраховується за період вегетації культури. $БКПК$ зручніше розраховувати у балах за формулою

$$B'_k = 55 БКПК \quad (7)$$

Тоді коефіцієнт ефективності використання біокліматичного потенціалу території культурою (k_E) можна розраховувати за відношеннями

$$k_E = \frac{БКПК_k}{БКП} \cdot 100 \% \quad \text{або} \quad k_E = \frac{B'_k}{B_k} \cdot 100 \% \quad (8)$$

За методикою, що викладалась вище, нами проведена порівняльна оцінка використання біокліматичного потенціалу на території Одеської області, стосовно однієї з основних зернових культур для України — кукурудзи. Результати надаються у табл. 2.

Проаналізувавши отримані дані, можна сказати, що суми температур за вегетаційний період кукурудзи коливаються по території області. Найнижче значення накопиченої суми температур спостерігається на півночі області (2400-2483 $^{\circ}C$), але і тривалість вегетаційного періоду тут менше. Найвищі суми температур за вегетаційний період спостерігаються на півдні області — 2577 $^{\circ}C$.

Найвищі значення $БКПК$ спостерігаються на півночі (2,01-2,05). В напрямку від Затишся на південь, значення $БКП$ для кукурудзи зменшується до 1,83 (Одеса). Графічне співвідношення між

Таблиця 1.

Кількісна оцінка біокліматичного потенціалу при природних умовах зволоження по районах Одеської області

Станція	D_B	D_O	N_{TP}	$\Sigma T > 10^\circ C$	ΣR , мм, рік	Σd , мм, рік	Md	k_p	B_{KP}	B_K бали	$B_{K(оп)}$ бали
Любашівка	26.04	11.10	170	2900	420	1240	0,34	0,83	2,41	133	80
Затишся	19.04	13.10	175	3040	420	1320	0,32	0,81	2,46	135	81
Роздільна	20.04	18.10	180	3190	380	1372	0,28	0,75	2,39	131	79
Одеса	24.04	25.10	185	3250	350	1335	0,26	0,72	2,34	129	77
Болград	15.04	24.10	190	3490	430	1454	0,30	0,78	2,72	150	90

Таблиця 2.

Кількісні показники біокліматичного потенціалу території (B_K) і ступеню його використання кукурудзою (B'_K, k_E) у різних районах Одеської області

Станція	k_p	B_K , бали	Дата		$\Sigma T_{ВП}$, °C	B_{KP_K}	B'_K , бали	k_E
			сівби	повної стиглості				
Любашівка	0,83	133	27.04	15.09	2400	1,99	109	65
Затишся	0,81	135	26.04	12.09	2526	2,05	113	68
Роздільна	0,75	131	29.04	09.09	2483	1,86	102	61
Одеса	0,72	129	27.04	09.09	2540	1,83	101	61
Болград	0,78	150	28.04	07.09	2577	2,01	110	66

баловою оцінкою $B_{КП}$ території Одеської області і баловою оцінкою $B_{К}$ стосовно кукурудзи надається на рис. 1. Можна бачити, що балова оцінка $B_{КП}$ по території Одеської області змінюється несуттєво, лише в районі Болграда вона набагато вища. Тут складаються найбільш сприятливі умови для сільськогосподарського виробництва в Одеській області. Що стосується використання біокліматичних ресурсів Одеської області кукурудзою, то балова оцінка B'_K вище в районі Затишшя, а в районі станцій Любашівка і Болград її значення майже однакові.

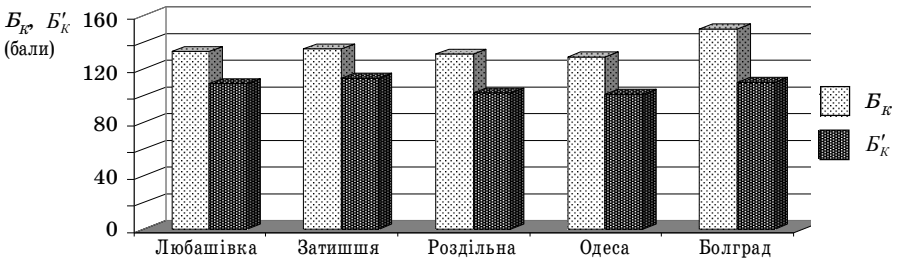


Рис. 1. Порівняльна оцінка B_K і B'_K для території Одеської обл.

Проаналізувавши результати розрахунків, можна зробити висновки, що кукурудза найбільш ефективно використовує біокліматичні ресурси на півдні та на півночі Одеської області ($k_E = 65-68\%$). Менше всього використовуються ресурси в центрі, де k_E не перевищує 61% . В цілому можна зробити висновок, що більша частина біокліматичних ресурсів території Одеської області досить ефективно використовується посівами кукурудзи, але істотний резерв в їх використанні ще є.

Література

1. Сапожникова С. А. Принципы сельскохозяйственной бонитировки климатов СССР / Труды Всесоюзного науч. совещания. — Л.: Гидрометеиздат, 1963. — Т. 8. — С. 3-17.
2. Колосков П. И. О биоклиматическом потенциале и его распределении на территории СССР // Труды НИИАК. — 1963. — Вып. 23. — С. 90-111.
3. Шашко Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 247 с.
4. Мищенко З. А., Кирнасовская Н. В. Метод региональной оценки и районирования биоклиматического потенциала Украины с учетом микроклимата // Метеорология и гидрология. — 2005. — № 5. — С. 72-81.

ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ И РОСТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В настоящее время достаточно много исследований ведется в рамках динамического моделирования продукционного процесса растений, и существуют различной степени сложности модели, с помощью которых производятся различные оценки агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственных культур. В рамках этого направления существуют теоретические модели (например, модель Полуэктова Р. А.), а так же модели нацеленные на использование их в оперативной практике обслуживания сельскохозяйственного производства (например, модели Полевого А. Н., Сиротенко О. Д.). Теоретические модели в основном используют для оценки физиологических процессов, проходящих в растениях. В таких теоретических моделях объем входной информации достаточно велик и при этом для проведения расчетов могут производиться специальные наблюдения за растением и внешней средой. В моделях, нацеленных на практическое применение, в основном используется стандартная гидрометеорологическая информация. В то же время, каждая такая модель может быть в разной степени насыщена биологическими параметрами. В этом смысле можно говорить о громоздкости и простоте модели как о двух разных полюсах структуры и параметрах модели. Мы предлагаем к использования очень простую по структуре и параметрам модель, использующую стандартную гидрометеорологическую информацию, и нацеленную на интегральную оценку агрометеорологических условий произрастания сельскохозяйственной культуры. Данная модель состоит из двух ключевых уравнений, описывающих два фундаментальных процесса: развитие и рост. Предлагаемая модель может быть развернута с учетом использования суточной информации либо свернута для использования декадной информации.

Предпосылки построения модели

В работах автора [1; 2], на основе предположения о процессе циркуляции биологического времени в онтогенезе растения по замкнутой кривой, получена логистическая кривая роста общей сухой биомассы следующего вида

$$\mu = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \sin(2 \cdot \pi \cdot T) + T, \quad (1)$$

где μ — нормированная общая сухая биомасса растения, отн. ед.; T — нормированное биологическое время растения, отн. ед.

Процесс нормировки заключается в том, что мы берем конечные значения переменных μ и T , и затем каждое текущее значение этих переменных, наблюдающихся в онтогенезе, делим на соответствующие конечные значения. Тогда нормированные переменные общей сухой биомассы и биологического времени будут изменяться в онтогенезе от 0 до 1. В этом смысле мы получим устойчивые составляющие этих переменных, которые характеризуют рост растения.

Дифференциальная форма этого уравнения имеет вид

$$\frac{d\mu}{dT} = -\cos(2 \cdot \pi \cdot T) + 1, \quad (2)$$

и характеризует устойчивую составляющую скорости роста общей сухой биомассы растения. Кроме скорости роста рассматривают так же и вторую производную кривой накопления общей биомассы растения [3]. В нашем случае устойчивая составляющая второй производной будет иметь вид

$$\frac{d^2\mu}{dT^2} = 2 \cdot \pi \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot T), \quad (3)$$

где все эти три уравнения выражают колебательный характер движения устойчивой составляющей роста

$$\frac{d^2\mu}{dT^2} + 4\pi^2 \cdot \mu = 4\pi^2 \cdot T.$$

Известно [4; 5], что факторы внешней среды в своем прямом действии влияют не на величину общей биомассы, а на величину скорости роста этой биомассы. Так, по данным А. Р. Константинова [6], приросты растительной массы различных культур описываются некоторой параболой (рис. 1). Мы будем использовать такую параболу для оценки влияния факторов внешней среды на процессы развития и роста.

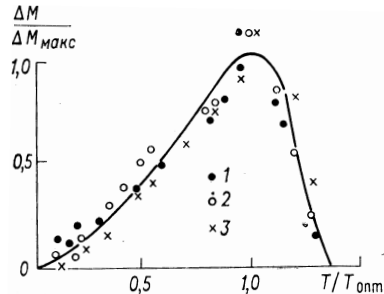


Рис. 1. Влияние относительной температуры воздуха на относительную величину приростов растительной массы: 1 — томаты; 2 — картофель; 3 — огурцы.

Модель

В качестве опорного уравнения мы возьмем уравнение (2), характеризующее устойчивую составляющую скорости роста общей биомассы растений и введем в это уравнение влияние факторов внешней среды на процесс роста, а так же константу, характеризующую максимальную скорость роста в оптимальных условиях среды

$$\frac{\Delta M^j}{\Delta T^j} = DM_{\max} \cdot U_{SR}^j [-\cos(2\pi \cdot T^j) + 1], \quad (4)$$

где $\frac{\Delta M}{\Delta T}$ — реальная скорость роста общей сухой биомассы растения, наблюдающаяся в течение онтогенеза, за период времени T от 0 до 1, г_{с.в.}·сут⁻¹·м²_{почвы}; DM_{\max} — максимальная скорость роста в оптимальных условиях среды (константа), г_{с.в.}·сут⁻¹·м²_{почвы}; U_{SR} — уровень напряженности факторов внешней среды, отн. ед; j — номер суток периода онтогенеза.

Весь период времени онтогенеза T рассчитывается по уравнениям [7]:

$$T^{j+1} = T^j + DT_{opt} \cdot U_{SR}^j, \quad 0 < T < 0,5 \quad (5)$$

$$T^{j+1} = T^j + \frac{DT_{opt}}{U_{SR}^j}, \quad 0,5 < T < 1 \quad (6)$$

где DT_{opt} — константа, максимальная скорость развития, отн. ед. биологического времени·сут⁻¹.

Как видно из уравнений (5) и (6) биологическая ось времени изменяется в течении онтогенеза от 0 до 1. Значение биологической оси времени в точке 0,5 соответствует фазе «цветение» сельскохозяйственных культур. Уравнения (5) и (6) представляют собой разностную форму расчетов для всего периода онтогенеза.

Уровень напряженности факторов внешней среды

Теперь необходимо определить напряженность факторов внешней среды по следующим составляющим: фактор света, фактор тепла, фактор влаги. Для этого мы будем использовать следующие нормированные уравнения [5, 8, 9]:

$$I = 1 - \exp(-C \cdot I_{opt} \cdot I_n) \quad \text{— фактор света,} \quad (7)$$

$$\psi = 1 - a_t \cdot t_{opt}^2 (t_n - 1)^2 \quad \text{— фактор тепла,} \quad (8)$$

$$\gamma = 1 - a_w \cdot W_{opt}^2 \cdot (W_n - 1)^2 \quad \text{— фактор влаги,} \quad (9)$$

где I_n , t_n , W_n — нормированные значения потока ФАР, температуры воздуха, запасов продуктивной влаги в почве, отн. ед.; I_{opt} , t_{opt} , W_{opt} — соответственно оптимальные значения потока ФАР ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$), температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$), запасов продуктивной влаги в почве (мм) для величины скорости накопления биомассы либо для общего газообмена культуры; C , a_t , a_w — параметры уравнений: определяют биологические особенности отклика скорости роста биомассы на влияние факторов внешней среды. Эти параметры определяют степень изгиба кривых (7), (8) и (9), то есть выражают особенности культуры наряду с оптимальными значениями факторов внешней среды.

С учетом уравнений (7, 8, 9), а так же фундаментального принципа Либиха напряженность факторов внешней среды для данных суток онтогенеза j определится из уравнения

$$U_{SR} = I \cdot \psi \cdot \gamma \quad . \quad (10)$$

Таким образом, мы получили замкнутую систему уравнений по отношению к расчету биологической оси времени и скорости роста общей биомассы. Такое построение связей обеспечивает учет влияния напряженности факторов внешней среды USR как на процессы газообмена (роста биомассы), так и на скорость развития. Для целей агрометеорологии и, как в перспективе, агрометеорологической оценки условий произрастания культуры и прогноза урожая общей биомассы целесообразно выбирать шаг интегрирования порядка одних суток. Кроме того, следует отметить, что существует суточный цикл процесса фотосинтеза, в результате которого накапливается биомасса растения: различают световую и темновую стадию фотосинтеза.

Проверка модели

Для подтверждения правильности построения предложенной динамической модели роста общей биомассы сельскохозяйственных культур, мы провели расчеты и, сопоставили полученные данные с реальными наблюдениями за ростом культуры подсолнечника в условиях юга Украины (рис. 2). Как видно из представленных данных на рис. 2 мы получили удовлетворительное соответствие реальных и расчетных данных о скорости роста и величине накопления общей сухой биомассы подсолнечника. В то же время, как видно на верхней части рисунка, скорость роста общей биомассы в численных расчетах на ПЭВМ во вторую часть онтогенеза заметно превышает наблюдаемые значения в полевом эксперименте

1986 года. Тем самым, мы можем отметить, что во вторую часть онтогенеза у подсолнечника меняются требования культуры к факторам внешней среды. То есть, очевидно, во вторую часть онтогенеза, после цветения, оптимальные значения факторов внешней среды повышаются. Тем самым, процесс цветения вызывает сдвиг требований к состоянию факторов внешней среды в более жесткую сторону. Таким образом, проведенные расчеты позволяют заключить о том, что требования к состоянию факторов внешней среды на протяжении онтогенеза подсолнечника меняются и не остаются постоянными. Скорее всего, такой сдвиг к требованиям внешней среды вызывает сам процесс цветения, как центральный процесс в жизни растения, когда в материнском организме появляются оплодотворенные семена, и, когда после прохождения процесса цветения в растении доминируют процессы старения организма.

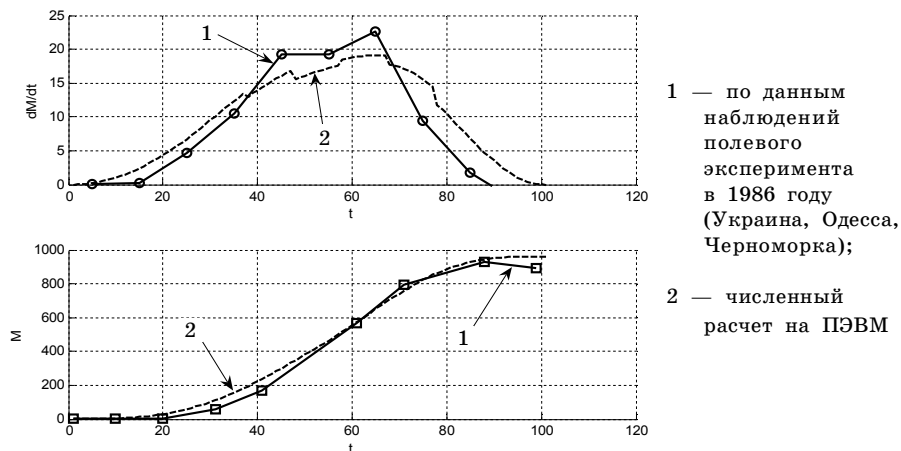


Рис. 2. Реальная скорость роста общей сухой биомассы одного растения подсолнечника dM/dt ($\text{г}_{\text{с.в.}} \cdot \text{раст}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$) и накопление общей сухой биомассы одного растения подсолнечника M ($\text{г}_{\text{с.в.}} \cdot \text{раст}^{-1}$) в реальном времени онтогенеза t (от всходов до полного созревания)

Теперь проведем оценку влияющих факторов среды на процессы роста биомассы культуры подсолнечника, характеризующие биологические особенности этой культуры. Для этого был проведен численный эксперимент, и были построены зависимости отклика приростов биомассы в зависимости от состояния факторов света, тепла, влаги (рис. 3, 4). Как видно из представленных данных, мы

в качестве отклика культуры подсолнечника на состояние напряженности факторов внешней среды имеем выпуклые функции со своей точкой максимума. Эта точка полностью характеризуется оптимальными значениями факторов внешней среды: оптимум температуры воздуха составляет 25°C , оптимум запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы для условий произрастания подсолнечника в условиях Одесской области составляет $131,9\text{ мм}$, оптимум ФАР составляет $650\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$.

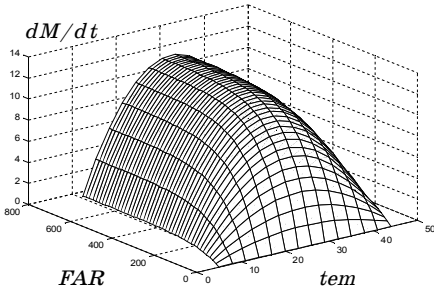


Рис. 3. Сочетание влияния температуры воздуха tem ($^{\circ}\text{C}$) и приходящей фотосинтетически активной радиации FAR ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) на величину приростов общей сухой биомассы одного растения подсолнечника в период максимальных приростов этой биомассы dM/dt ($\text{г}_{\text{с.в.}}\cdot\text{раст}^{-1}\cdot\text{сут}^{-1}$)

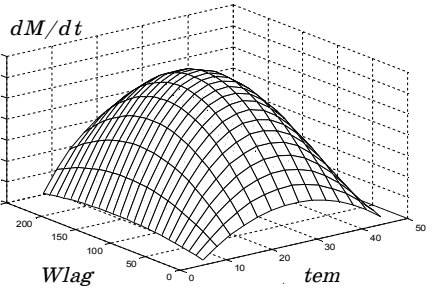


Рис. 4. Сочетание влияния температуры воздуха tem ($^{\circ}\text{C}$) и запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы $Wlag$ (мм) на величину приростов общей сухой биомассы одного растения подсолнечника в период максимальных приростов этой биомассы dM/dt ($\text{г}_{\text{с.в.}}\cdot\text{раст}^{-1}\cdot\text{сут}^{-1}$)

Численные эксперименты

Теперь, убедившись в адекватности модели и в соответствии ее основных функций реальному объекту исследования — культуре подсолнечника, проведем численные эксперименты на ПЭВМ и сделаем некоторые оценки модели по отношению к различным вариантам внешней среды, влияющих на рост и развитие подсолнечника. Для этого мы воспользуемся данными гидрометеорологической сети станций, расположенных в Одесской области и будем оценивать различные сочетания факторов света, тепла и влаги. В качестве опорного сценария агрометеорологических условий внешней среды мы воспользуемся среднеголетними данными по факторам света, тепла и влаги по Одесской области как области где

в значительной мере распространено выращивание подсолнечника (табл. 1). Сценарий 1 соответствует нормальным условиям внешней среды для произрастания подсолнечника. Как видно из табл. 1, температура воздуха в условиях Одесской области чуть ниже оптимальных значений для культуры подсолнечника. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы так же близки к оптимальным значениям. Уровень фактора света соответствует высоким значениям, как светолюбивой культуре подсолнечника. Для сценария 2 принято, что фактор света остается на прежнем уровне. Во втором сценарии температура воздуха значительно выше ее оптимальных значений и повышается до уровня 31-33 °С. Запасы продуктивной влаги во втором сценарии снижены, как для культуры считающейся засухоустойчивой, до уровня 30-60 % от их оптимальных значений. В третьем сценарии считается, что запасы влаги в течении зимнего периода не пополнялись и остались на уровне 30-60 % от оптимальных запасов. В то же время, в третьем сценарии считается, что температура воздуха значительно снижена до уровня выживания культуры, то есть до 10-13 °С, что является критическим уровнем для процесса цветения подсолнечника.

Теперь рассмотрим результаты численных экспериментов. Как видно из представленных данных численного эксперимента на рис. 5, повышение температуры в сочетании с засушливыми условиями обеспечивают нормальный рост и развитие культуры подсолнечника (сценарий 2), хотя, как и следовало ожидать, со снижением величины общей сухой биомассы до 50-60 % от среднелетней нормы. В то же время, в процессе развития культуры, по сценарию 2, можно отметить незначительное увеличение всего вегетационного периода на 2-3-е суток. Условия внешней среды, по сценарию 2, когда температура воздуха значительно повышена по сравнению с требованиями культуры к оптимальной ее величине, и сухие условия увлажнения почвы, позволяют подсолнечнику в условиях Одесской области образовывать некоторый, хотя и сниженный, урожай общей биомассы и как следствие урожай семян. В целом, согласно полученным данным, при высоких температурах и сухих условиях увлажнения, можно ожидать снижение урожая в 1,5-2 раза.

Результаты численного эксперимента по сценарию 3, когда температура воздуха значительно снижена, в сочетании с сухими условиями увлажнения, обеспечивают значительное снижение как скорости роста общей сухой биомассы культуры, так и значительное

увеличение вегетационного периода до 145 суток. Если в среднем многолетнем для нормального роста и развития культуры необходимо до 103 суток от всходов, то значение в 145 суток говорит о том, что в условиях Одесской области вегетация культуры при таких условиях просто невозможна. По сценарию 3, при холодных и сухих условиях роста и развития скорость роста общей сухой биомассы подсолнечника снижается по сравнению со среднемноголетними условиями в 2-2,5 раза.

Таблица 1.

Сценарии проведения численного эксперимента на ПЭВМ с моделью роста и развития культуры подсолнечника

Номер декады от всходов	Среднемноголетние значения, Одесская область								
	сценарий 1			сценарий 2			сценарий 3		
	норма			жарко + сухо			холодно + сухо		
	<i>SS</i>	<i>tem</i>	<i>Wlag</i>	<i>SS</i>	<i>tem</i>	<i>Wlag</i>	<i>SS</i>	<i>tem</i>	<i>Wlag</i>
1	8,4	16,3	112	8,4	24,5	67	8,4	9,8	67
2	9,0	17,1	108	9,0	25,7	65	9,0	10,2	65
3	9,0	18,0	100	9,0	27,0	60	9,0	10,8	60
4	9,5	19,8	96	9,5	29,7	58	9,5	11,9	58
5	9,3	20,7	88	9,3	31,1	53	9,3	12,4	53
6	9,9	21,4	80	9,9	32,1	48	9,9	12,8	48
7	10,6	21,5	70	10,6	32,3	42	10,6	12,9	42
8	10,4	22,0	59	10,4	33,0	35	10,4	13,2	35
9	9,8	22,3	51	9,8	33,5	31	9,8	13,4	31
10	9,2	21,3	46	9,2	32,0	28	9,2	12,8	28
11	8,6	19,6	44	8,6	29,4	26	8,6	11,8	26
12	-	-	-	-	-	-	-	11,4	21
13	-	-	-	-	-	-	-	11,2	21
14	-	-	-	-	-	-	-	11,0	18
15	-	-	-	-	-	-	-	10,7	18

Примечание: *SS* — число часов солнечного сияния в сутки, час; *tem* — температура воздуха, °C; *Wlag* — запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы, мм.

К тому же вегетационный период значительно увеличивается: в 1,5 раза. Если три летних месяца в условиях Одесской области обеспечивают получение урожая подсолнечника, то увеличение вегетационного периода до 145 суток в холодных условиях среды говорят о том, что значительно сниженный урожай может быть получен в октябре, что невозможно. Следовательно, исходя из численных экспериментов с динамической моделью роста и развития

общей биомассы культуры подсолнечника, можно заключить, что культура подсолнечника выдерживает значительное повышение температуры воздуха, что бывает в некоторые периоды ее роста и развития в условиях Одесской области, когда температура воздуха в дневные часы повышается до 35-40 °С. Кроме того, исходя из результатов численного эксперимента, можно отметить, что построенная модель соответствует культуре подсолнечника как культуре засухоустойчивой и жаростойкой, способной даже в напряженных условиях увлажнения получать, хотя и сниженные, урожаи. В то же время, численные эксперименты убедительно показали, что подсолнечник это теплолюбивая культура и снижение температуры воздуха до 10-13 °С не позволяют ей пройти полный цикл роста и развития.

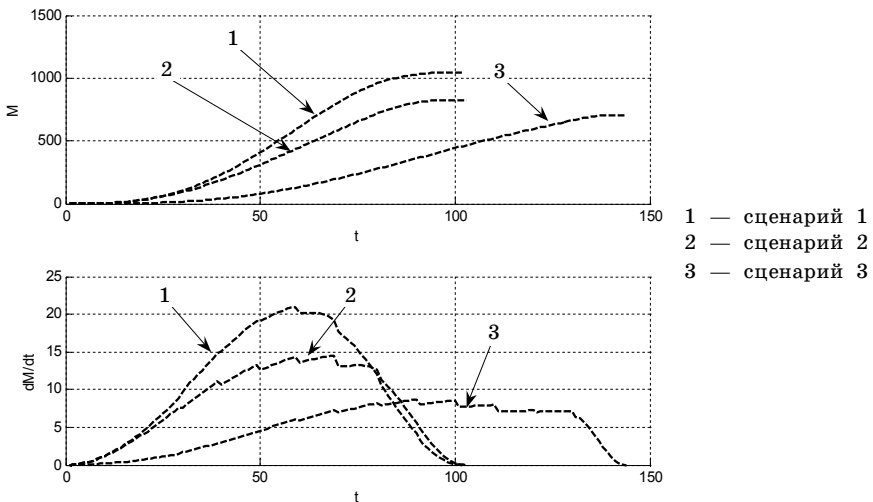


Рис. 5. Результаты моделирования роста и развития культуры подсолнечника для трех сценариев (табл. 1):

M — накопление общей сухой биомассы одного растения подсолнечника в онтогенезе, $\Gamma_{\text{С.В.}}$ · раст⁻¹·сут⁻¹; dM/dt — скорость роста общей биомассы одного растения подсолнечника в онтогенезе, $\Gamma_{\text{С.В.}}$ · раст⁻¹·сут⁻¹; t — число дней от всходов.

Литература

1. Наумов М. М. Векторный характер биологического времени растений // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. — Одеса: Екологія, 2004. — Вип. 48. — С. 226-234.

2. Наумов М. М. Векторный характер биологического времени растений. Циркуляция биологического времени // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. — К.: КНТ, 2005. — Вип. 49. — С. 328-339.
3. Обручева Н. В., Ковалев А. Г. О физиологической интерпретации сигмоидных кривых роста органов растений // Физиология растений. — 1979. — Вып. 5. — Т. 26. — С. 1029-1043.
4. Сиротенко О. Д. Математическое моделирование водно-теплого режима и продуктивности агроэкосистем. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981. — 167 с.
5. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 175 с.
6. Константинов А. Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1978. — 263 с.
7. Наумов М. М. Рост растений и биологическое время // Вісник ОДЕКУ. — 2005. — Вип. 1. — С. 72-78.
8. English S. D., McWilliam J. R., Smith R. C. G., Davidson J. L. Photosynthesis and partitioning of dry matter in sunflower // Aust. J. Plant Physiol. — 1979. — № 6. — P. 149-164.
9. Horie T. Simulation of sunflower growth // Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. — 1977. — Ser A-24. — P. 45-70.

УДК 504.5

*В. Г. Ільїна,
Х. М. Фогель*

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АГРОЕКОСИСТЕМ ПРИ ЗРОШУВАННІ

Вступ. Радіоактивне забруднення навколишнього середовища зрештою приводить до всезростаючого забруднення гідросфери, враховуючи важливість зрошувальних агроценозів у виробництві продуктів харчування і достатньо високу інтенсивність процесів міграції радіонуклідів в системі «вода-рослина» в умовах зрошувального землеробства. У сімдесяті роки почалися інтенсивно проводитися дослідження по вивченню процесів міграції радіонуклідів на зрошуваних землях. Цей досвід дозволив критично оцінити наслідки радіоактивного забруднення території водозбору річки Дніпро і водних джерел забруднених регіонів і рекомендувати відповідні рішення реальної небезпеці.

Об'єкти та вихідні матеріали дослідження. Об'єктом була вибрана територія Херсонської області. Це визначилось, тим що вона є однією з основних областей України, в якій найбільш широко застосовується режим зрошення. Складні кліматичні та ґрунтові умови потребують використання зрошення для отримання високих та стійких врожаїв як зернових, так і технічних і овочевих культур. Для зрошення використовуються вода Каховського водосховища. Основною проблемою є утримання у воді визначених кількостей радіонуклідів, які потрапляють із каскаду Дніпровських водосховищ та в результаті стоку з сільськогосподарських угідь.

Надходження радіонуклідів в поверхневі водоймища може здійснюватися як унаслідок прямого осадження радіоактивних речовин аеральних випадань ядерних вибухів або аварійних викидів, так і їх довготривалого винесення із забруднених територій у зв'язку з процесів горизонтальної водної міграції. Після аерального забруднення території міграція радіонуклідів в системі «водозбірна площа — зрошувальні землі» має свої особливості. У цій міграційній системі можна виділити дві підсистеми: що постійно діє, неконтрольовану людиною, і що періодично діє, контрольовану людиною.

Перший аспект полягав в необхідності кількісної оцінки параметрів радіоактивного забруднення врожаю сільськогосподарських культур, що вирощуються при зрошуванні радіоактивно забрудненою водою р. Дніпро, а також у вивченні динаміки процесу по роках і розробці на тривалу перспективу прогнозу забруднення продуктів харчування, що отримуються із зрошувальних угідь.

Другий важливий аспект цієї проблеми полягав в необхідності вивчення закономірностей міграції і визначення розмірів надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr з поливною водою на зрошувальні землі (особливо на рисові чеки) і розробці прогнозу динаміки цього процесу на тривалу перспективу. Важливість цього в тому, що надходження радіонуклідів з водою на зрошувальні угіддя — значне додаткове забруднення ґрунту.

Методи дослідження. Сумарна активність, яка утримується наземною частиною рослин при поливі, може бути представлена як:

$$A_i = f_{w,i} A_w, \quad (1)$$

де A_i — сумарна питома активність на рослині виду i ; $f_{w,i}$ — фракція утримання для рослини виду i ; A_w — питома поверхнева активність внесена при поливі.

Частка, утримуваних рослиною, радіонуклідів визначається як:

$$f_{w,i} = \frac{LAI_i S_i}{R} \left[1 - \exp\left(\frac{-\ln 2}{3 \cdot S_i} \cdot R\right) \right], \quad (2)$$

де S_i — ефективне утримання води для рослини виду i ; LAI_i — поверхня листової частини рослин, що приходиться на одиницю площі їхнього росту; R — питомий об'єм поливу на одиницю площі листової поверхні.

У випадку, якщо значення фракції утримання радіонуклідів перевищує 1, значення $f_{w,i}$ приймається рівним 1. Значення ефективного утримання води S_i , які використовуються в моделі, приймалися для ^{137}Cs — 0,2-0,3 мм, а для ^{90}Sr — 0,4-0,6 мм в залежності від виду рослин. Значення LAI залежать від пори року. Для трави значення LAI простіше виразити через врожайність.

Концентрація активності $C_{i,t}(t)$ у момент t після поливу визначається початковою активністю в рослинах, втратами активності за рахунок погодних факторів (дощ, вітер), радіоактивним розпадом, а також ефектом «розведення» унаслідок росту біомаси рослин. Таким чином, концентрація активності може бути виражена як:

$$C_{i,t}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} \exp[-(\lambda_w + \lambda_r)\Delta t], \quad (3)$$

де $C_{i,t}(t)$ — концентрація активності в рослині виду i у період збору врожаю; A_i — загальна питома активність на рослині виду i , що залежить від LAI даної рослини в момент поливу; Y_i — врожайність рослин виду i у період збору врожаю; λ_w — швидкість втрати активності за рахунок впливу погодних факторів; λ_r — константа радіоактивного розпаду; Δt — час, що пройшов з моменту поливу до збору врожаю.

Концентрація в прикореневому шарі ґрунту розраховується по формулі:

$$C_s(t) = \frac{A_s}{L\delta} \exp[-(\lambda_s + \lambda_f + \lambda_r)t], \quad (4)$$

де A_s — загальна питома активність на ґрунті; L — глибина прикореневого шару; δ — щільність ґрунту; λ_s — швидкість зменшення активності через переміщення за межі прикореневого шару; λ_f — швидкість фіксації радіонуклідів у ґрунті.

Результати дослідження та їх аналіз. На півдні України використовуються два основні способи зрошування: дощування і по-

верхневий полив. Застосовується також краплинне і підґрунтя зрошення, які в даний час набувають всього велику популярність.

Надходження техногенних радіонуклідів в поверхневій воді України відбувалося двома шляхами: прямим осадженням тралових випадань на водну поверхню і в результаті довготривалої притоки радіонуклідів, що змиваються із забруднених водозборів в розчиненій формі і у складі суспензій.

Основні закономірності вертикальної міграції радіонуклідів в ґрунті зрошуваних угідь не відрізняються від таких для богарного землеробства, проте є свої особливості. Це зв'язано, по-перше, з тим, що із зрошувальною водою на ґрунт зрошуваних угідь постійно поступає певна кількість радіонукліда. По-друге, зрошувальна вода сприяє збільшенню водно-розчинних і обмінних форм радіонуклідів і посиленню конвективно-дифузійних процесів перенесення їх за профілем ґрунтів. Все це позначається на швидкості міграції радіонуклідів углиб ґрунтового профілю, яка обумовлюється, в основному, конвективним перенесенням. Результати польових досліджень підтвердили вказані особливості міграції. На зрошувальних ділянках вміст в ґрунті рухомих форм ^{90}Sr був на 5-10 % більше, ніж на богарних (табл. 1).

Таблиця 1.

Вплив зрошення на вертикальну міграцію ^{90}Sr в профілі
вилуженого важкосуглінистого чорнозему

Шар ґрунту, см	Форми змісту ^{90}Sr в ґрунті (% від валової кількості)					
	водно-розчинна		обмінна		необмінна	
	зрошення	богара	зрошення	богара	зрошення	богара
0-5	1,4	0,8	79	72	19,6	27,2
5-10	1,7	1,2	80	73	18,3	25,8
10-15	1,8	1,2	79	69	19,2	29,8
15-20	1,7	0,9	80	72	18,3	27,1
20-25	1,3	0,8	78	74	20,7	25,2
25-30	1,8	1,2	79	73	19,2	25,8
30-35	1,8	- *	79	-	19,2	-
35-40	1,8	-	82	-	16,2	-

* Нижче за аналітичну межу визначення, рівного 100 Бк/кг

За дворічний період зрошення (зрошувальна норма склала 6000 м³/га) в підорний горизонт зрошувальної ґрунтової ділянки (нижче 30 см) мігрувало близько 10 % радіонукліда, тоді як на богарному — на порядок менше (рис. 1).

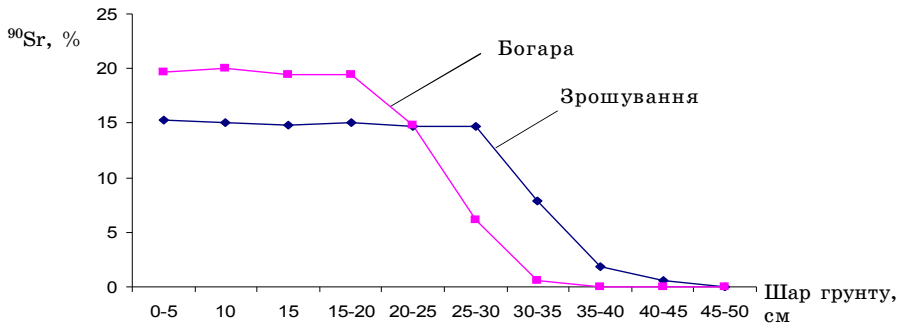


Рис. 1. Вплив зрошування на вертикальну міграцію ⁹⁰Sr в профілі вилуженого важкосуглинистого чорнозему

Притока ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr в профілі ґрунтів зрошувальних угідь, у тому числі і на рисових чеках, підтверджуючі підвищену міграційну рухливість радіонуклідів за профілем ґрунтів зрошуваних угідь (табл. 2) Таблиця 2.

Вплив зрошування на розподіл ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr за профілем ґрунтів в 1999 р.

Шар ґрунту, см	¹³⁷ Cs				⁹⁰ Sr			
	рисові чеки		богара		рисові чеки		богара	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
0-5	27,4	17,2	19,0	15,9	5,9	12,7	4,4	15,8
5-25	25,3	60,0	19,5	65,2	6,4	55,0	4,3	61,9
25-35	20,1	23,8	11,3	18,9	7,5	32,3	3,1	22,3
0-35	24,1	100	17,1	100	6,6	100	4,0	100

Всмоктування радіонуклідів корінням рослин залежить від багатьох чинників, найважливішою з яких є кількість доступних для засвоєння форм радіонуклідів (водний-розчинних і обмінних). Основні чинники, що обумовлюють надходження радіонуклідів в урожай сільськогосподарських культур при зрошуванні, наступні:

- питома активність води і фізико-хімічні властивостей радіонуклідів;
- форми знаходження радіонуклідів у воді;
- якість зрошувальної води (гідрохімічний клас і мінералізація);
- режим зрошування (норма поливу і їх кількість);
- способи зрошування;
- біологічні особливості рослин і фази їх розвитку.

Форма знаходження радіонуклідів у воді робить вплив на їх рухливість у воді і подальше надходження в урожай. Радіоактивні елементи можуть знаходитися у воді відкритих водоймищ в різних формах і з'єднаннях. Так, ^{90}Sr зі складу глобальних випадань знаходився у воді, в основному, у вигляді катіонної (68 %) і аніонної (30 %) формах. Внесення до поливної води ^{90}Sr , що містить різних солей в кількості 0,1 г/л, істотно змінювало первинну сорбцію цього радіонукліда рослинами кукурудзи (табл. 3)

Таблиця 3.

Вплив розчинів солей на сорбцію ^{90}Sr рослинами кукурудзи при зрошуванні дощуванням

Розчини солей, 0,1 г/л	Контроль, без солей	NaHCO_3	NaCl	Na_2SO_4	CaCl_2	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гіпс)
^{90}Sr в листях, % від контролю	100	88	71	59	49	42

Найбільша сорбція ^{90}Sr спостерігалася у тих рослин, які поливалися водою без внесення солей. При поливі рослин розчином двовуглекислого натрію наголошувалася найбільша сорбція радіонукліда рослинами (88 % від контролю), а при поливі розчином сірчаноокислого кальцію (гіпсу) — найменша (42 % від контролю і найменше надходження ^{90}Sr в рослини кукурудзи з розчину сірчаноокислого кальцію (гіпсу), очевидно, зв'язано, як з утворенням важко засвоюваних з'єднань так і з конкуренцією іонів Ca^{+2} і Sr^{+2} в процесах сорбції.

Іонний склад (наявність конкуруючих іонів) рН води і зміст суспензій впливатимуть на рухливість радіонуклідів в системі «вода-рослина» унаслідок утворення різних по рухливості хімічних сполук радіонуклідів. Ще до Чорнобильської аварії були проведені наукові дослідження, які дозволили виявити і уточнити ряд закономірностей, пов'язаних з впливом якості поливної води на радіоактивне забруднення сільськогосподарських рослин. Було встановлено, що гідрохімічний клас природної поливної води (іонний склад) і її мінералізація (кількість іонів) роблять такий же вплив на надходження радіонуклідів в рослини, як і поливши водою з внесеними до неї солями.

Підвищення мінералізації поливної води також призводить до двократного зниження надходження ^{89}Sr в озиму пшеницю як відразу після поливу, так і в період збирання врожаю, що також пов'язане із збільшенням кількості іонів, що конкурують в процесах

сорбції. Експериментами встановлено, що при поливі сільськогосподарських культур дощуванням водою різного гідрохімічного складу і різного ступеня мінералізації забруднення урожаю ^{137}Cs розрізнялося від 2-х до 5-ти разів. Найменшим накопиченням радіонукліда наголошується урожай культур, вирощений при поливі найбільш мінералізованою водою (суміш: вода річки Інгулець (80 %) + вода річки Дніпро (20 %), мінералізація 590 м/л).

Залежно від погодно-кліматичних умов і біологічних особливостей культур потрібна різна кількість вологи для формування урожаю. Зрошувальну норму за вегетаційний період дощуванням використовують за декілька поливів, зі значенням норми 100 м³/га. Вплив норми поливів дощуванням на накопичення радіонуклідів в урожаї зрошувальних культур має неоднозначний характер. При збільшенні до 500 м³/га прямо пропорційно збільшується зміст радіонукліда в надземній фітомасі. Подальше підвищення норми не збільшує забруднення.

Така динаміка накопичення радіонуклідів у фітомасі пов'язана з повним насиченням сорбційної місткості рослин в процесі сорбції радіонуклідів фітомасою із зрошувальної води за час дощування, яка досягається вже при поливі нормою 500 м³/га. Надалі процеси сорбції радіонуклідів і їх змивання приходять в динамічну рівновагу.

В Україні більшою мірою поширені такі способи зрошувального землеробства, як дощування і затоплення по чеках. Краплинне і підґрунтя зрошування тільки упродовжується і використовується на незначних площах.

Дощування є найбільш «брудним» способом зрошування рослин водою, що містить радіонукліди. Це спосіб поливу, при якому радіонукліди безпосередньо контактують з рослинами. При цьому різні радіонукліди накопичуються в урожаї до 33 разів більше, ніж при зрошуванні підґрунтя, до 8 разів більше, ніж при зрошуванні по борознах, і до 14 разів більше, ніж при краплинному зрошуванні (табл. 4).

Як і в богарному землеробстві, в умовах зрошування біологічні особливості сільськогосподарських культур істотно впливають на величину накопичення радіонуклідів. Якщо залежно від видових особливостей надходження ^{90}Sr і ^{137}Cs в сільськогосподарські культури змінюється до 30-40 разів (табл. 5), то залежно від сортових особливостей — у декілька разів.

Таблиця 4.

Вплив способів зрошування на накопичення радіонуклідів у вегетативній масі томатів

Спосіб поливу	Вміст радіонуклідів, %		
	^{134}Cs	^{65}Zn	$^{115\text{m}}\text{Cd}$
Дощування	100	100	100
По бороздам	13	51	21
Крапельний	7	50	30
Підгрунтя	6	24	11

Таблиця 5.

Вплив видових особливостей сільськогосподарських культур на накопичення радіонуклідів в господарській-цінній частині урожаю культур, вирощених в умовах зрошування

Культура		Озима пшениця	Горох	Просо	Рис	Люцерна, сіно	Бурак кормовий	Картопля	Огірки	Томати	Гарбуз	Лук-ріпка
Відносні одиниці	^{137}Cs	5	12	1	7	12	15	3	30	9	14	0,7
	^{90}Sr	9	41	4	11	31	26	8	11	19	5	20

Багаторічне зрошування сільськогосподарських угідь водою з підвищеною концентрацією радіонуклідів приводить до накопичення їх в ґрунтах, і в цих умовах разом з некореневим надходженням радіонуклідів в сільськогосподарські рослини все більше значення набуватиме кореневого шляху засвоєння. При цьому основні закономірності кореневого засвоєння радіонуклідів рослинами на зрошуваних угіддях практично не відрізняються від таких для богарного землеробства, з тією лише різницею, що на процеси метаболізму речовин в рослинах робитиме вплив вода.

Аналіз отриманих нами даних показав, що вже через 8-10 років після початку зрошування водою, ^{90}Sr , що містить його частина, поступатиме в овочеві і деякі інші культури ґрунтовим шляхом, тоді як надходження ^{137}Cs протягом дуже тривалого часу здійснюватиметься, переважно, по воді. Таке співвідношення між ґрунтовим і некореневим шляхами надходження для ^{137}Cs , на глинистих типах ґрунтів, зберігатиметься поки його концентрація у воді не зменшиться в порівнянні з початковою на 2-3 порядки.

Як показали багаторічні дослідження, при поливі рослин дощуванням водою, що містить радіонукліди, великим забрудненням зі всієї надземної біомаси відрізняється листя, найменшим — господарсько-цінна частина урожаю. Кількість радіонуклідів, що поступила, залежить від їх концентрації води і величини зрошувальної норми за вегетаційний період. Процеси втрат пов'язані з розпадом радіонуклідів, їх винесенням за межі шару кореневого розповсюдження в часовий вертикальній ґрунтовій міграції та унаслідок відчуження з прибраним урожаем.

Розрахунки, проведені з урахуванням параметрів міграції для глинистого чорнозему, дозволили скласти довготривалий прогноз надходження радіонуклідів в ґрунт з поливної води. При постійній питомій концентрації радіонуклідів процес накопичення ^{90}Sr в ґрунті протікає 70 років, а ^{137}Cs — 200 років, після чого процес надходження радіонуклідів з водою зрівнюється з процесами їх втрат (рис. 2).

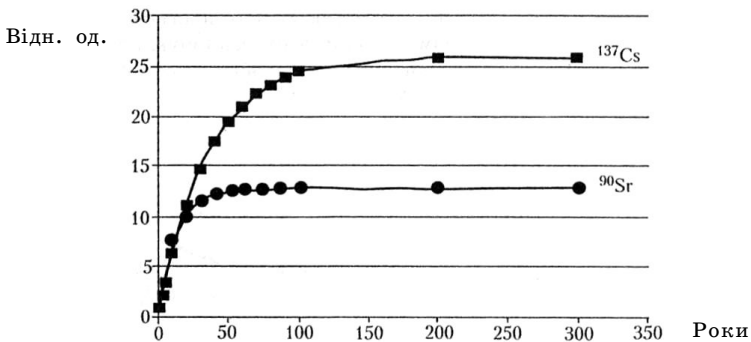


Рис. 2. Динаміка накопичення радіонуклідів з води в ґрунт при зрошуванні водою з постійною питомою концентрацією

- Аналізуючи одержані результати можна зробити наступні висновки:
1. Основні закономірності вертикальної міграції радіонуклідів в ґрунті зрошуваних угідь не відрізняються від таких для богарного землеробства, проте є свої особливості. Це зв'язано, по-перше, з тим, що із зрошувальною водою на ґрунт зрошувальних угідь постійно поступає певна кількість радіонукліда. По-друге, зрошувальна вода сприяє збільшенню водно-розчинних і обмінних форм радіонуклідів і посиленню конвективно-дифузійних процесів перенесення їх за профілем ґрунтів.
 2. Найбільша сорбція ^{90}Sr спостерігалася у тих рослин, які поливалися водою без внесення солей. При поливі рослин розчином

- двовуглекислого натрію наголошувалася найбільша сорбція радіонукліда рослинами (88 % від контролю), а при поливі розчином сірчаноокислого кальцію — найменша (42 % від контролю). Очевидно, це зв'язано, як з утворенням важкозасвоюваних з'єднань так і з конкуренцією іонів Ca^{+2} і Sr^{+2} в процесах сорбції.
3. Іонний склад (наявність конкуруючих іонів) рН води і зміст суспензій впливатимуть на рухливість радіонуклідів в системі «вода-рослина» унаслідок утворення різних по рухливості хімічних сполук радіонуклідів.
 4. Динаміка накопичення радіонуклідів в зрошувальних ґрунтах визначається як результат складання двох процесів: надходження радіонуклідів з водою на ґрунт і процесу, пов'язаного з втратами. Кількість радіонуклідів, що поступила, залежить від їх концентрації води і величини зрошувальної норми за вегетаційний період. Процеси втрат пов'язані з фізичним розпадом радіонуклідів, їх винесенням за межі кореневого шару в часовий вертикальній ґрунтовій міграції, а також унаслідок відчуження з прибралим урожаєм.

Література

1. Алексахин Р. М., Буфатин О. И., Маликов В. Г. и др. Радиоэкология орошаемого земледелия. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 224 с.
2. Лось И. П., Войцехович О. В., Шепелевич К. И. Радиация и вода: опыт обеспечения радиологической защиты в управлении качеством воды после аварии на Чернобыльской АЭС. — К.: Віпол, 2001. — 104 с.
3. Радиоэкология водных объектов зоны влияния аварии на ЧАЭС / Под ред. О. В. Войцеховича. — К.: Чернобыльинтеринформ, 1997. — Т. 1 (Мониторинг радиоактивного загрязнения природных вод Украины). — 308 с.
4. Мельченко А. И. Миграция радионуклидов в орошаемом агрофитоценозе. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Всероссийский НИИ биологической защиты растений. — Краснодар, 1994. — 28 с.
5. Караваева Е. Н., Молчанова П. В., Куликов Н. В. Режим почвенного увлажнения и миграции радионуклидов в почвенно-растительном покрове / Радиоактивные изотопы в почвенно-растительном покрове. Серия препринтов. — Свердловск, 1999. — 47 с.

6. Молчанова Н. В., Михайловская Л. Н. Формы радионуклидов в почвах различной степени увлажненности / Поведение радиоизотопов в водоемах и почвах. — Свердловск, 1983. — С. 55-63.
7. Виконання у 1997 році Національної програми мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи. Річна доповідь МНС України / Европейский центр техногенной безопасности. — 1998. — 55 с.

Резюме

В статье рассматривается проблема загрязнения агроэкосистем, относящихся к территории, на которой применяются современные технологии выращивания сельскохозяйственных культур, которые предусматривают использование минеральных и органических удобрений, химические средства защиты растений и режим орошения.

УДК 504.53

*В. Г. Ільїна,
О. О. Афанасьєва*

ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АГРОЕКОСИСТЕМ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Вступ. Сучасні уявлення про процес формування продуктивності агроекосистем стали основою для створення моделей продуктивності посівів різної складності. Розвиток теоретичних та експериментальних робіт по вивченню міграції поллютантів в ґрунтового покриві, поступлення їх в рослини кореневим та аеральним шляхом дозволило почати розробку комплексних моделей формування врожайності сільськогосподарських культур, які синтезують опис впливу як гідрометеорологічного режиму, так і антропогенного забруднення на формування кількості, якості та екологічної чистоти врожаю, у тому числі і в посушливій зоні.

В результаті викидів промислових підприємств в атмосферу різних забруднюючих речовин у вигляді важких металів та радіонуклідів відбувається антропогенне забруднення як атмосфери так і ґрунту. Крім того, перелічені вище забруднюючі елементи входять у склад мінеральних добавок які вносяться під сільськогосподарські культури, а також вода яка використовується з ціллю зрошення має низьку якість і вміщує у собі радіонукліди та важкі метали.

Об'єкти та вихідні матеріали дослідження. Об'єктом дослідження була вибрана територія Дніпропетровської області, де рівень вмісту важких металів перевищує встановлені нормативи, оскільки

ця область є однією з основних постачальників сільськогосподарської продукції в Україні. Тут вирощується велика кількість сільськогосподарських культур, основними з яких є: озима пшениця, кукурудза, соняшник та інші технічні культури. Другим аспектом забруднення агроєкосистем Дніпропетровського регіону є розвинуте промислове виробництво, а також видобуток корисних копалин, в результаті чого в атмосферу потрапляє велика кількість забруднювальних елементів, основними з яких є важкі метали [1]. Це також негативно впливає на стійкість природних ландшафтів до техногенного навантаження. Дніпропетровський регіон є основним регіоном України, де спостерігається максимальне навантаження на навколишнє середовище та особисто на ґрунтово-рослинний покрив.

Методи дослідження. Структура моделі визначається виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі «ґрунт-рослина-атмосфера» і біологічних уявлень про ріст і розвиток природної чагарникової рослинності під впливом чинників зовнішнього середовища. У основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів, балансу біомаси і радіонуклідів у рослинному покриві [1].

Вологоперенесення у ґрунті. Рівняння потоку води в системі «ґрунт-корінь» розглядається аналогічно одночасно як насичене і ненасичене середовище:

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{1}{C(\psi)} \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\Theta) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right] - \frac{S(\psi)}{C(\psi)}, \quad (1)$$

де ψ — потенціал тиску ґрунтової вологи; $C(\psi) = \frac{d\Theta}{d\psi}$ — диференціальна вологоємність; $K(\Theta)$ — гідравлічна провідність; Θ — об'ємна вологість; $S(\psi)$ — поглинання вологи коренями; t — час; z — вертикальна координата.

Процес фотосинтезу листя описується з врахуванням впливу на фотосинтез рівня мінерального живлення, фази розвитку рослин, температурного режиму і вологозабезпеченості посівів:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{1/\Phi_{pot} K_{\Phi}(N_{str}^L) + 1/a_c C_0 + 1/a_{\Phi} \Pi} \min \left\{ \alpha_{\Phi}, \Psi_{\Phi}, \frac{ET}{ET_{pot}} \right\} \quad (2)$$

де Φ_{pot} — інтенсивність потенційного фотосинтезу; a_c — нахил вуглекислотної кривої фотосинтезу; C_0 — концентрація CO_2 у повітрі; a_{Φ} — нахил світлової кривої фотосинтезу; Π — поглинена рослин-

ним покривом фотосинтетично активна радіація; α_ϕ — онтогенетична крива фотосинтезу; Ψ_ϕ — температурна крива фотосинтезу; $K_\phi(N_{str}^L)$ — коефіцієнт забезпеченості рослин елементами мінерального живлення [2].

Приймається, що формування фонду вільного азоту на кожному часовому кроці йде за рахунок поглинання азоту з ґрунту, продуктів розпаду тканин і витрат на відновлення життєдіяльних структур тканин:

$$\frac{dN_{lab}}{dt} = N_{abs} + N_{hyd} - N_{sen} \quad (3)$$

де N_{lab} — фонд вільного азоту; N_{abs} — кількість поглиненого з ґрунту азоту; N_{hyd} — кількість азоту, що утвориться при розпаді білка; N_{sen} — витрати на відновлення білка.

Процес поглинання азоту рослиною з ґрунту йде активним шляхом і пасивним — виносом азоту з транспіраційною течією.

$$\frac{dN_{abs}}{dt} = \frac{N_{abs}^{max} \bar{N}_{s.r.} m_r^n}{K_{abs}^N + \bar{N}_{s.r.}} K_{abs}^N (T_s) + T \bar{N}_{s.w.}, \quad (4)$$

де N_{abs}^{max} — максимальна швидкість поглинання азоту коренем; $\bar{N}_{s.r.}, \bar{N}_{s.w.}$ — концентрація азоту відповідно на поверхні коріння і в ґрунтовому розчині; K_{abs}^N — константа Міхаеліса-Ментен; $K_{abs}^N(T_s)$ — функція впливу температури ґрунту на швидкість поглинання азоту коренем [3].

Накопичення важких металів рослиною розглядається в залежності від утримання рухомих форм важких металів у ґрунті. Швидкість надходження важких металів у рослину описується формулою:

$$\frac{\Delta A_q^{noz(0)}}{\Delta t} = \frac{86,4 \alpha_q^{noz} \bar{A}_q^{nov} m_r^j}{a_r}, \quad (5)$$

де $\frac{\Delta A_q^{noz}}{\Delta t}$ — швидкість поглинання рухомих форм важких металів g -го виду важких металів корінням рослини, $\text{мгм}^2 \cdot \text{доб}^{-1}$; — поглинальна здібність кореню, мс^{-1} ; — концентрація рухомих форм g -го виду важких металів у ґрунті, $\text{мг} \cdot \text{кг}^{-1}$; a_r — радіус кореню, см ; q — вид важкого металу.

Результати дослідження та їх аналіз. Господарська діяльність людини, особливо інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, наводить до забруднення довкілля. Зростання вживання добрив може

давати побічний негативний результат, пов'язаний із збільшенням вмісту в ґрунті важких металів. Стосовно ґрунтів Дніпропетровської області (чорнозем звичайний) вивчався зміст рухливих форм основних видів важких металів на прикладі міді (Cu), цинку (Zn), кадмію (Cd), ртуті (Pb) і інших під однією з основних технічних культур, вирощуваних із застосуванням режиму зрошування.

Середні результати двох спостережень приведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1.

Вплив добрив на вміст важких металів
на звичайному чорноземі в шарі 0-40 см, мг/кг

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,50	6,2	4,8	6,6	17,9
P ₁₀₀	1,80	6,4	4,3	6,8	18,4
P ₂₀₀	1,50	6,0	4,3	7,1	18,4
N ₁₀₀ P ₂₀₀	1,80	6,5	4,7	7,2	18,8
Гній - 40 т	1,40	6,9	4,5	7,2	18,4
N ₁₀₀ P ₂₀₀ K ₇₀	1,87	6,3	4,1	7,3	19,9
Середнє по варіантах з добривами	1,59	6,5	4,4	7,1	18,5

Таблиця 2.

Вплив добрив на валовий вміст важких металів
в чорноземі на нелесових породах в шарі 0-40 см

Варіант	Hg	Ni	Cu	Zn	Pb
Контроль	1,21	5,3	4,3	6,0	1,9
P ₁₀₀	1,20	6,4	4,3	6,8	1,7
P ₂₀₀	0,98	7,2	4,0	6,8	2,0
N ₁₀₀ P ₂₀₀	1,12	5,5	4,3	6,6	1,3
Гній - 40 т	1,28	6,6	4,4	6,8	1,7
N ₁₀₀ P ₂₀₀ K ₇₀	1,32	5,3	4,0	6,9	1,7
Середнє по варіантах з добривами	1,22	6,2	4,2	6,8	1,8

Рівень вмісту цих елементів можна оцінити таким чином. По міді обоє типи ґрунтів мають слабе забруднення, оскільки її вміст вже перевищує два кларки. Близький до цієї межі вміст свинцю. У звичайному чорноземі вміст важких металів вищий, ніж в чорноземі на нелесових породах. Це є наслідком інтенсивнішого ведення сільського господарства і близькості крупних промислових центрів, що поповнюють викидами промислових підприємств ґрунтові запаси елементів.

Проаналізований хімічний склад більше 10 різних джерел зрошування, встановлено, що у міру посилення посушливості клімату

і зростання мінералізації зрошувальних вод в них зростає концентрація важких металів — цинку, кадмію, нікелю, кобальту, марганцю, свинцю, міді і хрому (табл. 3).

Таблиця 3.

Вміст важких металів в зрошувальних водах

Джерело відбору проби	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr	Сума елементів
Степова зона							
Каховське водосховище	0,183	0,0070	0,007	0,030	0,015	0,020	0,347
Канал Дніпро-Донбас	0,573	0,0040	0,007	0,010	0,003	0,012	0,643
Фрунзівська зрошувальна система	0,125	0,0020	0,012	0,025	0,004	0,050	0,262
Середнє (із 3 джерел)	0,136	0,0040	0,019	0,032	0,009	0,022	0,307
ГДК	1,000	0,0010	0,100	0,030	1,000	0,500	
В річках світу (Перельман, 1975)	0,020	0,0002	0,002	0,001	0,007	0,001	0,042

Перевищення середньосвітового рівня у водах лісостепової зони складає 3,3, а в степовій — 6,7 разів. По більшості елементів (цинк, нікель, залізо, кобальт, марганець, мідь, хром) зрошувальні води задовольняють встановленим вимогам (табл. 3). У розподілі важких металів в ґрунтових водах виявлені наступні закономірності (табл. 4).

Таблиця 4.

Вміст важких металів в ґрунтових водах

Північний степ (середнє із 10)						
Zn	Pb	Cu	Ni	Cr	Cd	Сума елементів
<u>0,050</u> 0,002-0,390	<u>0,030</u> 0,008-0,060	<u>0,006</u> 0,002-0,010	<u>0,030</u> 0,002-0,050	<u>0,020</u> 0,002-0,050	<u>0,020</u> 0,006-0,040	0,330

Примітка: Чисельник — середнє, знаменник — границі коливань.

У ґрунтових водах в лісостеповій зоні вміст важких металів значно вищий, ніж в зрошувальних водах (сума елементів відповідно — 0,96 і 0,09).

Крім того, розглядалося 6 основних видів важких металів, що надходять в ґрунт і рослини. До таких металів відносяться ртуть, кадмій, цинк, свинець, мідь і стронцій. Найбільш токсичними з них є метали: ртуть, кадмій і свинець. У культурному ландшафті найбільше поширення мають цинк, свинець, ртуть і кадмій. Кадмій поступає з фосфатів, ртуть — з фунгіцидів, стронцій — з суперфосфату і фосфогіпсу. У табл. 5 набуті значень вмісту важких металів в ґрунтах [4].

Таблиця 5.

Вміст елементів в рослинах соняшника

№ досліджу	Вид рослин	% в сухій речовині				мг/кг сухої речовини			
		P	K	Ca	S	Fe	Mn	Cu	Zn
1	здорові	0,41	4,4	0,73	0,15	452	115	9,8	23,4
	хворі	0,52	4,3	0,77	0,18	715	118	10,0	18,8
2	здорові	0,37	2,8	0,69	0,15	359	81	7,5	24,3
	хворі	0,49	3,5	0,78	0,16	556	104	12,7	17,9
Середнє	здорові	0,39	3,6	0,71	0,15	405	98	8,6	23,8
	хворі	0,50	3,9	0,78	0,17	635	111	11,4	18,4

На підставі отриманих розрахунків можна відзначити наступну закономірність, що при збільшенні норми зрошування практично по всіх видах важких металів спостерігається зменшення при збільшенні норми зрошування. Особливо це помітно в так звані сухі роки, при забезпеченості території осіданнями 80 %.

Характеризуючи загальну картину забруднення ґрунтів важкими металами, можна відзначити, що небезпечні його рівні, що перевищують значення ГДК, спостерігаються в основному біля металургійних підприємств в радіусі до 10-12 км і уздовж автодоріг з досить інтенсивним рухом (у смугах шириною до 100 м). У цих районах сільськогосподарське використання ґрунтів має бути строго спеціалізованим, їх слід виключати із звичайних сівозмін.

Висновки. Господарська діяльність людини, особливо інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, наводить до забруднення довкілля. Зростання вживання добрив може давати побічний негативний результат, пов'язаний зі збільшенням вмісту в ґрунті важких металів. Стосовно умов Дніпропетровської області, рівень вмісту важких металів в ґрунтах по міді невеликий, порівняно зі вмістом свинцю. У звичайному чорноземі вміст важких металів вищий, ніж в чорноземі на нелесових породах. Таким чином, на підставі отриманих результатів можна говорити про можливість використання математичного моделювання для вивчення особливостей забруднення екосистеми «атмосфера-ґрунт-рослина».

Література

1. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. — М.: Колос, 1996.
2. Буфатин О. И Паращук Н. Б., Фомкина Н. Д., Алексахин Р. М. Распределение некоторых радионуклидов в системе почва - оро-

- сительная вода (модельный опыт) // Почвоведение. — 1983. — № 8. — С. 133-136.
3. Прохоров В. М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование / Под ред. Р. М. Алексахина. — М.: Энергоиздат, 1981. — 98 с.
 4. Най П. Х., Тинкер П. Б. Движение растворов в системе «почва-растение». — М.: Колос, 1980. — 365 с.
 5. Прохоров В. М. Математическая модель поглощения элементов растениями из почвы // Агрохимия. — 1970. — № 7. — С. 126-135.

Резюме

В статье рассматривается антропогенная нагрузка на агроэкосистемы Днепропетровского региона. С помощью математической модели выполнена оценка загрязнения агроэкосистем области наиболее токсичными тяжелыми металлами.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

- 30.07.09 - Макарова О. С.***, старший оператор регионального центра приема и передачи информации ГМЦ ЧАМ - *55 лет*
- 23.09.09 - Пудова Л. В.***, синоптик I категории АМСГ Одесса - *60 лет*
- 25.09.09 - Брио М. И.***, техник-химик II категории ГМБ Ильичевск - *55 лет*
- 14.11.09 - Андреева С. И.***, техник-метеоролог II категории МГП Южный - *60 лет*
- 24.11.09 - Бугаенко В. Д.***, заведующая сектором метеорологических наблюдений о. Змеиный - *55 лет*
- 01.01.10 - Григорьянц Л. А.***, синоптик I категории АМСГ Одесса - *55 лет*
- 10.01.10 - Кривич О. И.***, техник-метеоролог М Сербка - *60 лет*
- 18.01.10 - Пильценко Л. Б.***, синоптик I категории отдела метеорологических прогнозов ГМЦ ЧАМ - *70 лет*
- 18.01.10 - Кравчук В. Ю.***, старший оператор регионального центра приема и передачи информации ГМЦ ЧАМ - *60 лет*
- 20.01.10 - Николенко В. Л.***, техник отдела морских и речных гидрологических прогнозов ГМЦ ЧАМ - *60 лет*



НАШИ АВТОРЫ

- Атанасова О. В., магистрант каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Афанасьева О. О., магистрант ОГЭКУ (Одесса)
- Белевич Р. Р., сотрудник отделения гидроакустики Морского гидрофизического ин-та НАН Украины (Севастополь)
- Берлинский М. А., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Беспоясная В. Е, магистрант ОГЭКУ (Одесса)
- Бирон-Бевз О. О., ОГЭКУ (Одесса)
- Буров А. М., сотрудник отделения гидроакустики Морского гидрофизического ин-та НАН Украины (Севастополь)
- Верещинская Г. А., магистрант каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Волкова Г. С., студентка ОГЭКУ (Одесса)
- Вольвач О. В., канд. географ. наук, доцент каф. агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов ОГЭКУ (Одесса)
- Врублевская А. А., канд. географ. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭКУ (Одесса)
- Гопченко Е. Д., академик Академии наук Высшей школы Украины, доктор географ. наук, профессор, зав. каф. гидрологии суши ОГЭКУ (Одесса)
- Грандова М. А., научный сотрудник сектора исследования состояния морских биоценозов, УкрНЦЭМ (Одесса)
- Гриб О. Н., канд. географ. наук, доцент каф. гидрологии суши ОГЭКУ (Одесса)
- Данова Т. Е., ОГЭКУ (Одесса)
- Дегтярева Л. Н., канд. географ. наук, сотрудник НИС ОГЭКУ (Одесса)
- Джиганшин Г. Ф., сотрудник Морского Гидрофизического ин-та НАН Украины (Севастополь)
- Дудник Д. С., научный сотрудник сектора исследования состояния морских биоценозов, УкрНЦЭМ (Одесса)

- Захарова М. В., канд. географ. наук, ассистент каф. гидроэкологии и водных исследований ОГЭКУ (Одесса)
- Зинченко М. М., преподаватель Государственного аграрного техникума (Белгород-Днестровский)
- Золотарев Г. Г., зав. сектором организации и обеспечения морского экологического мониторинга отдела аналитических исследований и организации морского экологического мониторинга, УкрНЦЭМ (Одесса)
- Ильина В. Г., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Казаков А. Л., канд. физ.мат. наук, ст. научный сотрудник, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭКУ (Одесса)
- Калошина Н. С., УкрНЦЭМ (Одесса)
- Катеруша О. В., студентка ОГЭКУ (Одесса)
- Ковалишина С. П., канд. биол. наук, зав. сектором исследования состояния морских биоценозов УкрНЦЭМ (Одесса)
- Коломеец Т. С., ведущий агрометеоролог отдела агрометеорологии ГМЦ ЧАМ (Одесса)
- Корбан В. Х., доктор тех. наук, зав. каф. экспериментальной метеорологии ОГЭКУ (Одесса)
- Корбан С. М., ОГЭКУ (Одесса)
- Корбан-Порохницкая Ж. Н., техник I категории отдела аэрологических наблюдений ГМЦ ЧАМ (Одесса)
- Кузьмина Х. В., ОГЭКУ (Одесса)
- Матыгин А. С., канд. физ.мат. наук, науч. сотрудник сектора гидрофизических исследований УкрНЦЕМ (Одесса)
- Миронюк О. В., магистрант ОГЭКУ (Одесса)
- Мураховская С. А., аспирант каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Нагаева С. П., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭКУ (Одесса)
- Наумов М. М., канд. географ. наук, каф. агрометеорологии и агрометеорологических прогнозов ОГЭКУ (Одесса)
- Неверовский И. П., зам. начальника ГМЦ ЧАМ (Одесса)

- Недострелова Л. В., ст. преподаватель каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ (Одесса)
- Пересада А. Г., магистр каф. гидроэкологии и водных исследований ОГЭкУ (Одесса)
- Полетаева Л. Н., канд. географ. наук, директор центра последипломного образования ОГЭкУ (Одесса)
- Прикуп Л. А., магистрант каф. прикладной экологии ОГЭкУ (Одесса)
- Пустовит Т. М., ОГЭкУ (Одесса)
- Райкова Н. И., ОГЭкУ (Одесса)
- Сапчева Г. В., УкрНЦЭМ (Одесса)
- Сафранов Т. А., академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, доктор геолого-минерал. наук, профессор, зав. кафедрой прикладной экологии ОГЭкУ (Одесса)
- Сенькова О. И., начальник отдела агрометеорологии ГМЦ ЧАМ (Одесса)
- Скипа М. И., сотрудник отделения гидроакустики Морского гидрофизического ин-та НАН Украины (Севастополь)
- Тихомир О. Ю., магистрант ОГЭкУ (Одесса)
- Трегубова М. В., канд. географ. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ (Одесса)
- Федорова Г. В., канд. хим. наук, доцент каф. химии окружающей среды ОГЭкУ (Одесса)
- Фогель Х. М., магистрант ОГЭкУ (Одесса)
- Хоменко И. А., ассистент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ (Одесса)
- Чоботарь И. М., ОГЭкУ (Одесса)
- Чугай А. В., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭкУ (Одесса)
- Шакирзанова Ж. Р., канд. геогр. наук, доцент каф. гидрологии суши ОГЭкУ (Одесса)
- Шамраев Ю. И., преподаватель Гидрометеорологического техникума (Туапсе)
- Шепелина С. И., ассистент каф. химии ОГЭкУ (Одесса)

СОДЕРЖАНИЕ

Л. Н. Полетаева Влияние погоды на человека и историю человечества	3
В. Х. Корбан, Л. Н. Дегтярева, Т. М. Пустовит, С. М. Корбан, Ж. Н. Корбан-Порохницкая Возможен ли парниковый эффект в атмосфере	6
Т. Є. Данова, Н. І. Райкова Взаємозв'язок приземного озону на деяких станціях України з індексом Північно-Атлантичного коливання	14
О. В. Катеруша, Т. А. Сафранов Оцінка тепловідчуття людини (на прикладі районів Одеської області)	20
С. П. Нагаєва, С. А. Мураховська Оцінка негативного впливу зливових стічних вод на стан морського середовища рекреаційної зони м. Одеси	27
А. Л. Казаков Об экологической безопасности острова Змеиный	33
С. П. Нагаєва, О. В. Миронюк Характеристика природно-рекреаційного потенціалу Савранського району	44
Х. В. Кузьмина, О. О. Бірон-Бевз Оптимізація знешкодження медицини відходів в Одеській області	49
О. О. Врублевська, І. М. Чоботар Прикладні аспекти використання сонячної радіації	54

Ю. И. Шамраев

Краткий анализ особенностей режимов
температуры воздуха и атмосферных осадков в Одессе 61

**О. Л. Казаков,
М. В. Трегубова**

Кількісна оцінка змін середньомісячних
швидкостей вітру на території одеської області 65

І. А. Хоменко

Метеорологічні умови формування та зберігання
льодових відкладень в Одеському регіоні 72

Л. В. Недострелова

Статистичні характеристики розподілу середньої
висоти снігового покриву на території Одеської області 85

Л. В. Недострелова

Часовий розподіл кількості діб
зі сніговим покривом на території Одеської області 88

М. М. Зинченко

Из прошлого градозащиты 94

Т. Е. Данова

Современные изменения температурно-влажностных
характеристик тропосферы Арктики 101

**Р. Р. Белевич, А. М. Буров,
И. П. Неверовский, М. И. Скипа**

О сезонных и межгодовых колебаниях уровня
на побережье Антарктиды, а также о возможной
роли таяния льдов в повышении уровня мирового океана 109

**С. П. Ковалишина, Н. С. Калопина,
М. О. Грандова, Д. С. Дудник, Г. В. Сапчева**

Стан водного середовища шельфових вод ПЗЧМ
за гідробіологічними та гідрохімічними показниками
(за матеріалами 30-го рейсу «Володимир Паршин»,
липень 2009 р.) 122

О. С. Матигін, Г. Ф. Джиганшин, Г. Г. Золотарьов, С. П. Ковалишина	
31-й експедиційний рейс науково-дослідницького судна «Владимир Паршин»	133
С. И. Шепелина, Г. С. Волкова, Г. В. Федорова	
Биогеохимическая оценка состояния вод Одесской области	137
А. В. Чугай, О. В. Атанасова	
Оцінка якості вод річок Одеської області	141
С. П. Нагаєва, Г. А. Верещинська	
Екологічна оцінка якості вод малих річок басейну Дністра в Одеській області	145
М. А. Берлінський, О. Ю. Тихомир	
Аналіз мінливості біогенного стоку р. Дунай (2004-2008 рр.)	150
А. В. Чугай, Л. О. Прикуп	
Оцінка антропогенного навантаження на р. Дунай	159
М. В. Захарова, О. Г. Пересада	
Оцінка гідроекологічного стану річки Тиси за гідрохімічними показниками	164
Є. Д. Голченко, Ж. Р. Шакірманова	
Довгострокове прогнозування водності Хаджибейського лиману та оцінка його наповнення поверхневими водами у весняний період року	169

Є. Д. Гопченко, О. М. Гриб	
Сучасні морфометричні характеристики Куяльницького лиману	186
О. И. Сенькова, Т. С. Коломеец	
Основные метеорологические особенности 2008-2009 сельскохозяйственного года по территории Одесской области	194
В. Г. Ільїна, В. Є. Беспоясна	
Аналіз ступеню деградації грунтового покриву Одеської області	205
О. В. Вольвач	
Регіональна оцінка біокліматичного потенціалу Одеської області стосовно вирощування кукурудзи	212
М. М. Наумов	
Простая модель развития и роста сельскохозяйственных культур	218
В. Г. Ільїна, Х. М. Фогель	
Модельовання радіонуклідного забруднення агроекосистем при зрошуванні	227
В. Г. Ільїна, О. О. Афанасьєва	
Оцінка стану забруднення агроекосистем важкими металами	237
НАШИ ЮБИЛЯРЫ	244
НАШИ АВТОРЫ	245

ОПК «Евротойз»
Тираж 150 экземпляров
65010, г. Одесса, ул. Палубная 9/4
тел/факс: (048) 714-91-71