

УДК 541.46 : 574.583 (247.7.05)

**Ю. Д. Шуйский**, доктор геогр. наук, профессор  
**А. Н. Синюк**, студентка магистратуры  
кафедра физической географии и природопользования,  
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина  
physgeo\_onu@ukr.net

### **СОЛЕНОСТЬ ВОД ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА В ТЕЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СЕЗОНОВ 2015-2016 ГОДА (СЕВЕРНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ)**

На северном побережье Черного моря широко распространены лиманы разных размеров и глубин. Они содержат в себе ценные рекреационные ресурсы и могут использоваться для выращивания рыбы ценных сортов, добычи лечебных грязей, развития марикультуры, водных видов спорта и др. Гидрологическое состояние лиманов хорошо определяется по изменениям солености. Поэтому важно определить изменения солености лиманной воды как показателя общего состояния водной среды в типичных лиманах. Среди них важное значение придается Тилигульскому лиману. За последние 250 лет амплитуда колебаний уровня воды составила 4,0-4,5 м, а соленость воды колебалась в пределах от 0,5‰ до 76,1‰, среднее значение равно 11,5‰. В течение четырех сезонов 2015-2016 гг. (осень дважды, зима, весна и лето) было отобрано по 19 образцов воды (всего 95) и определена ее сезонная соленость. Максимальная величина из средних была весной (24,0‰), а минимальная – осенью 2016 г. (20,3‰), среднее из всей суммы сезонных образцов составило 22,22‰. Среднее значение прироста солености по мере увеличения глубины (в интервале 0-21 м) равно 0,045‰/м. На протяжении минувших 60 лет (1956-2015 гг.) годовые значения солености Тилигульского лимана увеличиваются от 11,4‰ до 22,22‰, т.е. тренд равен в среднем по 0,18‰ /год.

**Ключевые слова:** побережье Черного моря, Тилигульский лиман, вода, соленость, анализ, изменения, ресурсы.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Северное побережье Черного моря является классическим лиманным. Каждый лиман представляет собой водоем с соленой водой, причем, соленость бывает от небольшой (1-5‰) до весьма значительной ( $\geq 300$ -350‰). Лиманы обладают значительными ресурсами, в том числе рекреационными, лечебными, рыбными, минеральными. Использование этих ресурсов требует регулярных исследований свойств воды, и солености – в первую очередь, поскольку соленость является индикатором общего состояния данного лимана и существенно влияет на водную флору и фауну, в том числе и на промысловую.

Одним из крупнейших и самым глубоким ( $\geq 24$  м) на северном побережье Черного моря является Тилигульский лиман (рис. 1).

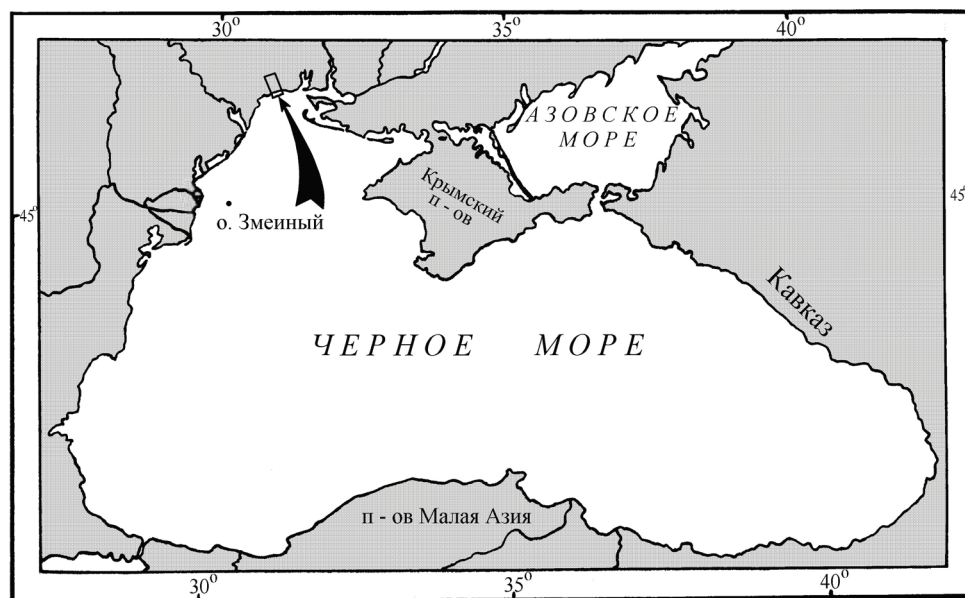


Рис. 1. Схема географического положения Тилигульского лимана (отмечено темным четырехугольником и показано черной стрелкой) на северном побережье Черного моря

Исследования солёности воды в лиманах Северо-Западного побережья Черного моря ведутся со дня начала непрерывного освоения их природных ресурсов в XVIII веке. Вначале определения были спорадическими, – вплоть до XX века. Первые регулярные и достоверные исследования связаны с появлением Института курортологии в Одессе в 1928 г. Более ранние результаты содержатся в работах Е. С. Бурксера, согласно [3]. Оценки рекреационных ресурсов лимана сопровождалась обязательным измерением солёности и химического состава воды. Последующие исследования проводились А. И. Дзенс-Литовским, Г. А. Горчаковой, Д. Н. Вайсфельдом, В. А. Алмазовым, Д. И. Скляруком и др. Их обобщение приведено в работах [2, 3, 4]. С 30-х годов XX века во время прямых измерений наблюдались существенные колебания солёности воды, чаще всего в интервале 7-15‰, очень редко на порядок величины больше [2, 4]. Как установили В. В. Адобовский и В. Н. Большаков [1, 4] в 2002 г., в южной, основной, части Тилигульского лимана средняя за год солёность воды была равной »21‰, а в северной опресненной части – только около 15‰, хотя обычно вода в лимане хорошо перемешивается по площади и по глубине, а столь большой разницы не ожидалось.

За десять последних лет исследователи в своих работах указывали среднегодовую солёность от 8,5‰ до 24‰ [2-5]. Для южной части лимана, вследствие существенного влияния канала «море–лиман», были характерны колебания солёности в диапазоне 11-24‰. Наибольшие колебания отмечены в верховьях, в

северной части лимана. Во время маловодных лет, например 1994 г., годовая соленость в вершине лимана могла превышать 21‰, а во время многоводных лет могла быть равной примерно 8,5-10,5‰ [4]. В своей работе [8] В. М. Тимченко обращает на это внимание, подчеркивая, что соленость вод Тилигульского лимана значительно меньше, чем в водах Хаджибейского и Куяльницкого лиманов. Важно его указание на то, что соленость воды в лимане сильнее всего связана с пресноводным балансом, с количеством поступившей и удаленной воды. Однако, значений солености в Тилигульском лимане по собственным измерениям он не приводит.

Результаты длительных эколого-биологических исследований провел коллектив Одесского Филиала ИНБИОМ НАН Украины. В большой монографии [4] они отдельную главу посвятили лиманам, в том числе и Тилигульскому. Представители этого коллектива уже однозначно выделяют по гидрохимическим признакам две части лимана – соленую, южнее узости и дамбы «Калиновка–Прогрессовка», и опресненную, к северу от узости и дамбы. По данным монографии [4], в первой половине 80-х годов средняя соленость в северной части была равной 8,5‰, в южной – 14,9‰. Но в 2002 г. и в 2010 г. соленость повысилась после нескольких засушливых лет до 17‰ в северной части и до 21‰ в южной части лимана. Все другие авторы собственных данных не приводят, ссылаясь на первоисточники [1-6, 8-9]. При этом последовательные измерения сезонных значений солености, один сезон за другим, до настоящего времени не проводились. В то же время, рекреационное, лечебное, спортивное и рыболовное использование водоема требуют такой информации. По сути, до сих пор нет таких более подробных данных по сезонам, которые отражали бы сезонные измерения один за другим без перерывов.

В связи с этим **целью** данной статьи стало выявление солености вод Тилигульского лимана в течение отдельных сезонов года: осенью 2015 г., зимой, весной, летом и осенью 2016 г. с дальнейшим намерением выполнять такие наблюдения в будущем.

*Объектом исследования* является Тилигульский лиман, один из крупнейших и самый глубокий ( $\geq 24$  м) на северном побережье Черного моря (рис. 1). В качестве *предмета исследования* выступает установление сезонной динамики солености в лимане в течение осени 2015 г., зимы, весны, лета и осени 2016 г., т.е. в течение различных сезонов 2015-2016 годов

Для этого, помимо анализа различных определений солености воды, следует решить такие **задачи**: а) уточнить методику исследований; б) провести инструментальные измерения солености Тилигульского лимана в разные сезоны года, выполнить камеральную обработку полевых данных; в) выявить особенности сезонного хода солености; г) попытаться установить связь между общим потеплением климата на морском побережье и изменениями солености воды в Тилигульском лимане.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Получение необходимой для данной статьи информации началось с отбора проб воды в южной глубоководной части лимана в середине календарной осени 2015 г. Пробоотбор был продолжен в последующие сезоны: зимой, весной, осенью 2016 г. В постоянных точках (станциях), положение которых показано на рис. 2 по методике, описанной в [9]. В течение каждого сезона отбиралось по 19 проб с малого катера «Крым» с помощью бутылки-батометра БВО-02, объемом 1,5 литра (груз ГР-15) из поверхностного горизонта толщиной  $\leq 0,5$  м. Большая часть точек ( $\approx 60\%$ ) расположена южнее Чаловой косы. Местоположе-

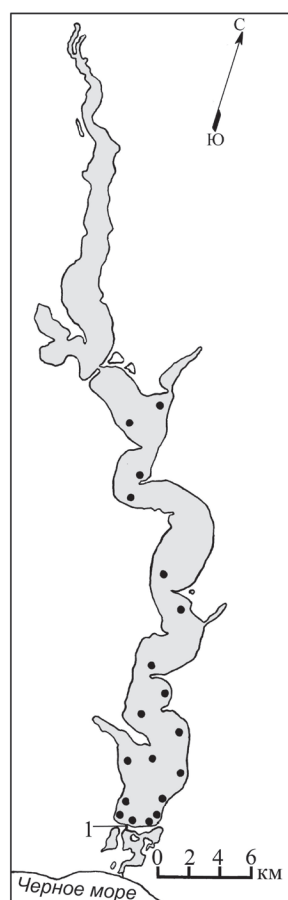


Рис. 2. Схема расположения точек отбора проб на акватории Тилигульского лимана (черные кружки); 1 – местоположение канала «лиман-море»

ние каждой фиксировалось GPS-приемником, что позволяло в последующем выполнять временной анализ распределения солености в зависимости от направления и скорости ветра, экспозиции берега лимана по отношению к лучу ветрового потока, температуры воздуха и воды, более раннего состояния ветрового режима, режима ветра, температуры воздуха и наличия/отсутствия атмосферных осадков.

Камеральная обработка выполнялась в аналитической лаборатории кафедры физической географии и природопользования ОНУ имени И. И. Мечникова. Определение солености производилось через замеры плотности с помощью ареометра АОН-2 ГОСТ 184-81 ( $кг/м^3$ ). Затем вводилась поправка на температуру воды (для приведения к  $20^{\circ}C$ ), чтобы учесть ее в плотности. Это позволяло перейти к значениям суммарной (валовой) солености в каждой пробе и их теоретической интерпретации.

Теоретическая интерпретация материалов полевых исследований производилась с помощью ряда методов. Прежде всего применялись методы систематизации и рубрикации данных. Вся полученная информация была систематизирована по сезонам года. По каждому сезону вычислялось среднее, которое сравнивались с минимальными и максимальными значениями. Производилась оценка конкретных значений и их отклонение от средних. Затем были сопоставлены данные измерений солености за последние 60 лет с данными об изменении температуры воздуха в течение этого же времени. Также применялись методы сравнительно-географический, актуализма, полевые экспедиционные, картографический, математической статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Условия отбора пробы воды.* Пробы воды отбирались вдоль берегов лимана с юга на север (рис. 2). Поскольку его мелководная северная часть, отчлененная дамбой «Калиновка–Прогрессовка» от остальной акватории, находится в условиях мощного антропогенного влияния, то в данной статье пока что ограничимся исследованиями лишь южной, основной глубоководной части, где расположено до 75% всей массы воды [2, 7].

Сезонные температуры были близки норме [8]. Осенью 2015 г. В день отбора проб воды погода была ветреной [9]. Доминировал порывистый северо-западный ветер, СЗ:330°. Средняя суточная скорость составила примерно 6 м/сек. Согласно формуле расчета испарения с водной поверхности ГТИ (а также В. Д. Зайкова, А. П. Браславского и С.Н. Нурғалиева М. С. Каганера и др.), такая скорость усиливает испарение воды на акватории.

Направление действия ветра способствовало сгону воды в поверхностном горизонте в южном направлении, к берегу Тилигульской пересыпи. Здесь нагон воды был связан с поступлением верхнего осолоненного слоя. Поэтому нагонная линза характеризовалась повышенными значениями солености, а, следовательно, – и плотности воды. Это привело к тому, что вертикальный гидрхимический градиент в толще воды стал выравниваться по мере приближения к пересыпи на глубинах 1,0-1,5 м. Если начальные значения плотности составили 1,016 г/см<sup>3</sup>, то в полосе ветрового нагона они составили 1,020 г/см<sup>3</sup> практически по всей толще воды.

Зимой пробы воды отбирались в феврале 2016 г. при температуре воздуха от 6° до 10° С, а поверхностной воды – 4,5°-6,5°С. Ветер был в общем СЗ:320°, с порывами до 7 м/сек. Зима была ветреная. Вдоль пересыпи был нагон 0,2-0,3 м, ветровые течения были направлены на юг-юго-восток [10]. На акватории растаял последний лед и, очевидно, вместе со льдом в воду поступило некоторое количество солей. Канал «море–лимана» был закрыт. Но ветровая волна (высотой до 0,3-0,4 м) способствовала поступлению некоторой части соли из рапы илистого дна. Поэтому были все основания предполагать, что соленость воды должна быть несколько повышенной. Лабораторный анализ показал, что пределы солености зимой составляли 21,1-25,0‰, а в среднем 23,7‰, что на 1,3‰ больше, чем осенью. Отклонение от нижнего предела (2,5‰) больше, чем от верхнего (1,3‰) почти в 2 раза, что указывает на преобладание в лимане значений S‰ ниже среднего в период пробоотбора.

Весенний отбор проб был выполнен после того, как наступил весенний режим температуры воздуха (май). В день отбора проб температура воздуха была равной 17,0°-18,5° С, был слабый ветер от западного направления (1-3 м/сек), течение вдоль берега лимана (0,2 м/сек) распространялось в восточном направлении от с.Кошары к пгт Коблево. Из канала морская вода поступала в лиман со скоростями ≤ 0,1 м/сек. В этих условиях морская вода (14‰), поступающая из канала, двигалась в направлении Коблево. В этом же направлении от канала



пробы воды показали минимальную соленость (19,9-21,2‰), что значительно меньше среднего (24,0‰) и максимального значений (28,0‰) в районе пробоотбора.

Летом соленость измерялась во второй половине июля – самого жаркого и с наибольшим потоком солнечной радиации, когда с поверхности водоемов испаряется чаще всего самый мощный слой воды. Накануне и в день отбора установилась безоблачная сухая погода, хотя в середине месяца прошли дожди. По соединительному каналу из моря в лиман текла вода со скоростями от 0,2 до 0,4 м/сек. Направление ветра – от СЗ–С, ветер слабый, отдельные порывы до 7 м/сек. Вдоль южного берега лимана наблюдался небольшой нагон поверхностной воды, до 0,1 м. Нечетко выраженное течение с запада на восток наблюдалось на расстоянии 30-70 м от берега, увлекая за собой воду из канала. Температура поверхностного слоя воды менялась от 24,9° до 27,5° С на разных станциях отбора проб воды.

Осенние сезоны 2015 и 2016 гг. существенно не отличались, как это обычно бывает на северном побережье Черного моря [8]. Осеннее опробование воды Тилигульского лимана повторно было выполнено в октябре 2016 г. Температура воды составляла 11°-13° С. Ветер северный, до 4-6 м/сек, воду сгоняло к юго-восточному углу лимана, уровень был выше обычного на 0,15 м.

*Анализ полученных материалов.* Камеральная обработка проб воды из Тилигульского лимана показала, что значения солености лежат в пределах от 13,2‰ до 28,0‰, при среднем значении 22,22‰. Это на 47,3% больше, чем в среднем в течение минувших 150 лет. Склоняемся к мысли, что такой рост связан с сильным понижением поверхностного пресного стока в лиман и, в определенной степени, с ростом средних температур приземного слоя воздуха. При этом хлорный показатель весьма высок: содержание соединения  $NaCl$  равно 77%, а  $MgCl_2$  – 12% в среднем по лиману.

В период исследований сток р. Цареги, р. Балай, р. Отрадной, р. Ранжевки и других малых рек почти полностью прекратился. Сток Тилигула сильно нарушен созданием прудов на названных и других малых реках региона, уничтожением пойменной растительности и распашкой поймы. Периодически в лиман поступает морская вода по искусственному каналу (рис. 2, 1), соленость которой составляет 8-15‰ и которая приносит дополнительную массу солей в Тилигульский лиман.

Наибольшие средние значения солености в поверхностном слое воды лимана в 2016 г. отмечались весной. Тогда же была измерена и абсолютно максимальная соленость у северной окраины пгт Коблево – 28,0‰. Такое явление было связано с длительным отсутствием сильных дождей и интенсивным испарением лиманной воды. Среди сезонных значений самое большое отклонение от среднего оказалось весной 2016 г. – 5,78‰, а минимальное – осенью 2015 г.: 0,1‰. Если же взять реальные крайние значения на каждой станции, то весной 2016 г. на станции ТЛ-19/2016 была измерена величина 28,0‰, а на

станции ТЛ-23/2016 летом 2016 г. – 13,2‰. Получается, что плюсовые отклонения от среднего годового лежат в пределах +5,78‰, а минусовые отклоняются от среднего годового на –9,02‰, т.е. соответственно на +26,0% и на –40,6%. Выходит, что в общем ниже среднего находится больше значений из 95, чем выше среднего. Это значит: прослеживается кратковременная тенденция к очень медленному росту солености воды в Тилигульском лимане. Она подтвердится в результате многолетних измерений (рис. 3).

Важным показателем состояния солености воды в Тилигульском лимане являются крайние измеренные значения в течение каждого сезона года [9]. Осенью 2015 г. при средней солености исследованной части лимана (рис. 2), равной 22,4‰, максимальным было значение на станции ТЛ-7/2015. Оно составило 24,2‰, в то время, как на станции ТЛ-14/2015 – минимальное, только 18,6‰. Между ними разность составила 5,6‰. Отклонение от среднего для максимума было +1,8‰, а для минимума –3,8‰. Пробоотбор и обработка проб показали соответствующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

**Максимальные, минимальные и средние значения солености воды в Тилигульском лимане в течение осени, зимы, весны и лета 2015-2016 гг.**

№№ п/п	Время отбора проб воды	Значения солености (‰)			Разность (max–min)	Отклонения от среднего	
		Max	Среднее	Min		Средн.–max	Средн.–min
1	Осень 2015 г.	24,2	22,4	18,6	5,6	–1,8 (32%)	+3,8 (68%)
2	Зима 2016 г.	25,0	23,7	21,1	3,9	–1,3 (33%)	+2,6 (67%)
3	Весна 2016 г.	28,0	24,0	19,9	8,1	–4,0 (49%)	+4,1 (51%)
4	Лето 2016 г.	23,0	20,7	13,2	9,8	–2,3 (23%)	+7,5 (77%)
5	Осень 2016 г.	24,1	20,3	13,5	10,6	–3,8 (36%)	+6,8 (64%)
Среднее:		<b>24,86</b>	<b>22,22</b>	<b>17,26</b>	<b>7,6</b>	<b>–2,64 (35%)</b>	<b>+4,96(65%)</b>

Обработка данных сезонных измерений солености воды в Тилигульском лимане показала максимальную соленость весной 2016 г. Среднее сезонное значение было больше среднего годового на 1,78‰, что составляет  $\approx 8\%$  годового. Весенний сезон обычно считается неблагоприятным для высокой солености [3, 4]. Пока объясняем это явление ранним таянием снега во время пробоотбора, вторичным засолением под влиянием длительных ветров и действием волн, более активным стоком пресной воды по балкам и малым рекам. Со временем, в последующие годы выяснится, случайны ли значения весенней солености. Зато летом 2016 года была зафиксирована одна из самых низких в

сезон соленость за время наших сезонных наблюдений – 20,7‰. Минимальная наблюдалась осенью 2016 г. (20,3‰) при крайних значениях 24,1‰–13,5‰ после сильных дождей и штормовых ветров. Вода из моря в лиман по каналу не поступала.

*Сравнение значений солености в море и в лимане.* Прежде, чем попасть в Тилигульский лиман, морская вода должна: а) смешаться с пресными речными водами из Днепра и Южного Буга; б) по каналу попасть в лиман; в) профильтроваться сквозь песчаные валы пересыпи; г) переплеснуться в лиман штормовыми волнами и под влиянием высокого ветрового нагона ( $\geq 1,35$  м). И это при том, что до пересыпи лимана от морского края дельты Днепра расстояние равно 85-90 км, а от Кинбурнского пролива – 25-30 км. Конечно, чем больше сток воды в Днепре и Южном Буге, тем более пресной оказывается вода возле Тилигульской пересыпи [4, 6]. По результатом длительных измерений солености морской воды между м. Очаковским и пересыпью Днестровского лимана подтверждается тесная зависимость солености воды в море и в канале «море–лиман» от стока Днепра и Южного Буга не только в удалении от берега, но и вблизи его. Смешение днепро-бугской воды с морской особенно четко выражено до мысов Большой Фонтан и Санжейский. Возле берега под его влиянием формируется галинное поле с пониженной соленостью, чаще всего 11-14‰ [3, 4]. Если эти значения сравнить с современной соленостью воды в лимане, то сегодня в любом случае поступление морской воды распресняет лиманную воду (20-24‰ в лимане против 11-15‰ в море), но вместе с тем вместо пресной воды вливает соленую морскую, т.е. прибавляет некоторую массу солей.

Соленость в море обычно измеряется исследователями на научно-исследовательских судах вдали от берега, не ближе изобаты –5 м. Иначе нарушается техника безопасности работы плавсредства возле берега. Вместе с тем важно измерять соленость в интервале глубин 0–2 м. В этой полосе прибрежной акватории, шириной до 200-400 м, можно наиболее ясно установить влияние различных факторов и уловить наиболее тонкие нюансы. Обнаружилось [7], что во время дождей, особенно ливневых или длительных обложных, поверхностный сток с берега в море способен существенно уменьшить соленость на минимальных глубинах. Так, летом 2013 года в районе пересыпи Тилигульского лимана частые ливни привели к значениям солености от 5,35‰ до 7,93‰ на глубинах 1,0-1,5 м. До 2,5-3,5‰ отмечалась соленость в Кинбурнском проливе во время восточного ветра. Конечно же, вода с такой соленостью находится в Днепро-Бугском лимане под влиянием стока двух крупных рек. Она преодолевает небольшое расстояние до пересыпи Тилигульского лимана, а там уже может проникнуть в лиман по каналу (рис. 2, 1).

Однако, в море нередко встречались значения солености до 15-18‰, особенно во время длительного действия береговых или западных ветров с высокими скоростями. Тогда теплая и пресная вода сдувалась в открытое море, а к берегу



поступала придонная холодная и соленая вода. Этот процесс совпадал с нагоном воды в лимане вдоль лиманного берега Тилигульской пересыпи. В итоге росла разность уровней в море и в лимане так, что в лимане уровень воды был выше, чем в море. Поэтому возникала необходимость сброса воды из лимана по каналу в море. Такой сброс мог быть весьма интенсивным, если ситуация дополнялась снежной зимой, с интенсивным таянием снега в необычайно короткий срок и поступления талой воды в лиман.

*О связи между современными климатическими изменениями приземного слоя атмосферы и изменениями солёности поверхностного слоя воды в Тилигульском лимане* можно судить, выполнив соответствующие расчеты. Информация о температурах воздуха была взята, с одной стороны, из работ М. Ш. Розенгурта [3], Д. И. Склярука [5], из монографии коллектива авторов [8], а с другой – по данным срочных наблюдений на гидрометеорологических станциях «Очаков» и «Порт Южный» за 1955-2015 гг. Ряд значений солёности воды в Тилигульском лимане был заимствован из монографии [2]. Используя оба ряда, были построены графики временного хода солёности лиманной воды ( $S\%$ ) и средней годовой температуры приземного воздуха ( $T^\circ$ ) на близлежащих станциях «Очаков» и «Порт Южный» (рис. 3). Эти графики предназначались для выявления линейного тренда в течение минувших 60 лет – с 1956 г. до 2015 г., что дало возможность убедиться, что тренд существует, причем однонаправленный у  $T^\circ$  и у  $S\%$ .

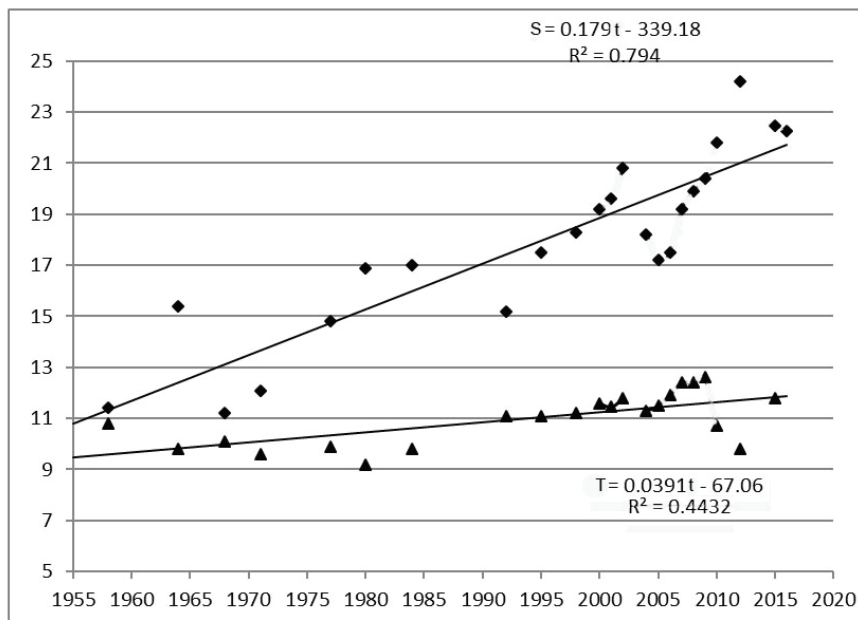


Рис. 3. Графики временного хода и тренды солёности лиманной воды ( $S\%$  – ромбики) и средней годовой температуры приземного воздуха ( $T^\circ$  – треугольники) в период с 1956 по 2015 гг.  $t$  – время

В 1956 г. годовое значение солёности было равным 11,4‰, а до 2016 г., т.е. В течение 60 лет, происходил постепенный рост солёности, когда она, по нашим измерениям, составила в среднем 21,96‰. Получается, что средняя интенсивность приращения солёности воды была равной +0,176‰ в год. Такая тенденция указывает на устойчивый рост  $S_{\text{‰}}$ , и он не вызывает сомнений (рис. 3). Авторы [3] объясняют это явление снижением поверхностного стока малых рек в бассейне Тилигульского лимана, особенно – р. Тилигул. В то же время уменьшение поверхностного в значительной мере зависит, кроме влияния антропогенного фактора, также и от роста средних годовых температур приземного слоя атмосферы. Если за период 60 лет температура приземного воздуха  $T^{\circ}$  увеличилась на 1,5°C, то среднее годовое приращение составило 0,025°C. Исходя из одинаковых тенденций изменения температуры и солёности, целесообразно выполнить расчет корреляции между ними.

Для этого был построен график связи  $S_{\text{‰}}$  и  $T^{\circ}$ , который показывает, что связь эта существует и достаточно тесная. Как видим (рис. 4), точки на графике в общем ложатся достаточно кучно, особенно в области размещения точек солёности, обозначающих превышение величины 17,5‰. В результате было получено уравнение регрессии вида  $S_{\text{‰}} = 2,7253 T^{\circ} - 12,481$ . Имея значение температуры, которая сегодня измеряется регулярно на ближайших метеопостах,

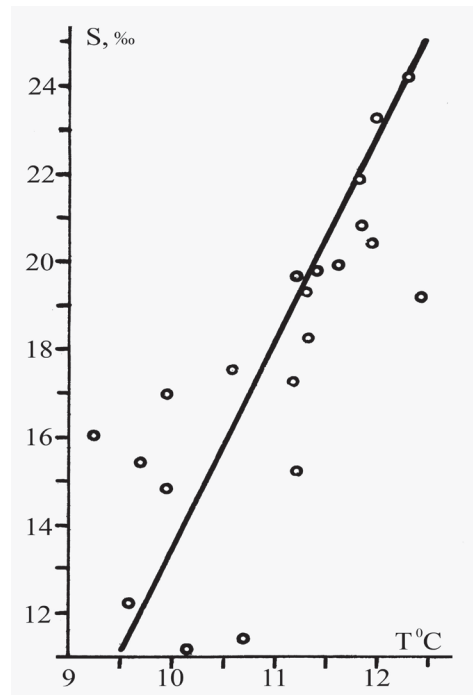


Рис. 4. График связи между солёностью воды  $S_{\text{‰}}$  и температурой приземного воздуха  $T^{\circ}$  на побережье Черного моря.

можно узнать приблизительное значение солёности воды Тилигульского лимана. При этом коэффициент корреляции  $r_{ST} = 0,7484$ , рассчитанный согласно обычной методике статистической обработки [8], показал действительно хорошую связь между солёностью  $S_{\text{‰}}$  и температурой  $T^{\circ}$ , в особенности в области больших значений солёности.

Эта оценка рекомендуется математической статистикой, согласно которой значения коэффициентов в интервале 0,50-0,75 обозначают среднюю достаточную связь между переменными, а более 0,75 – сильную. В нашем случае связь ближе к сильной. Тем не менее, считаем, что при оценках такой сложной и многоступенчатой природной связи, как  $S = f(T)$ , непосредственной зависимости нет. Она проявляется через ряд промежуточных звеньев, которые существенно влияют на конечный результат. Солёность рас-

тет из-за снижения стока пресной воды, поступления дополнительной массы растворенных солей из моря по искусственному каналу, вторичного засоления за счет влияния иловых вод, общего усиления испарения. На это указывает разброс точек на графике рис. 4, особенно для значений менее 17,5‰.

## ВЫВОДЫ

1. Тилигульский лиман является одним из самых обширных и наиболее глубоких на классическом побережье лиманного типа, каким является северная часть Черного моря. Он имеет общегосударственное рекреационное, лечебное, спортивное и рыбопромысловое значение. Поэтому вопрос об изменениях солености воды и ее причины является актуальным.

2. Измерения солености воды в лимане осенью 2015 г., зимой, весной, летом и осенью 2016 г. показали, что максимальное значение было равным 28,0‰, минимальное 13,2‰, а средние по акватории значения составили от 20,3‰ (осень 2016 г.) до 24,0‰ (весна 2016 г.). По данным 5 серий отбора проб воды и определений их солености среднее значение оказалось равным 22,22‰. Оно показало, что в течение второго десятилетия XXI века соленость воды в Тилигульском лимане в общем возросла по сравнению с результатами предыдущих измерений.

3. Основным фактором, определяющим многолетние колебания солености воды в Тилигульском лимане, является водный баланс. Соотношение отдельных его элементов во времени может показать ведущую роль какого-то одного в тот или иной момент времени. Это может быть влияние испарения, количества атмосферных осадков, притока или убыли морской воды, подземных вод, поверхностного пресного стока.

4. На состоянии солености лиманных вод оказывает воздействие морская вода в виде: а) стока по соединительному каналу; б) штормового поступления путем переплескивания прибойным потоком через пляжевый штормовой вал; в) фильтрации морской воды сквозь толщу пляжевого песка. Если поступает из моря соленая вода, то лиман осолоняется, а если стекает с водосбора пресная вода, то опресняется.

5. На соленость воды в Тилигульском лимане оказывает влияние не только водный баланс непосредственно, но также и современные изменения климата на северном побережье Черного моря. Общий рост солености воды в лимане обусловлен наложением этих двух причин, а также и всех остальных, воздействующих на значения солености.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адобовский В. В.* Влияние аномальных условий зимы 2002-2003 гг. на гидрологический режим закрытых лиманов Северо-западного Причерноморья [Текст] / В. В. Адобовский, В. Н. Большаков // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – Вып. 9. – С. 54 – 58.

2. *Водні ресурси та гідроекологічний стан* Тилигульського лиману: [Текст]: Відп. ред. Ю. С. Тучковенка, Н. С. Лободи; Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, 2014. – 278 с.; 100 экз. – ISBN 978-617-7054-64-0.
3. *Розенгурт М. Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов [Текст]: наукове видання / Мойсей Шаевич Розенгурт. – Киев: Наукова думка, 1974. – 224 с. – 1000 экз. – Библ.: С. 207 – 212. – Р64.
4. *Северо-западная часть* Черного моря: биология и экология [Текст] / под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. – Киев: Наукова думка, 2006. – 703 с.; Библиогр. С. 634 – 695. – 300 экз. – ISBN 966-00-0159-2.
5. *Склярук Д. И.* Лиманы и озера Северного Причерноморья и их природные лечебные ресурсы [Текст] / Дмитрий Иванович Склярук // Труды Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова. – 1962. – Том 152. – Вып. 10. – С. 68 – 76.
6. *Стоян А. А.* О распределении солёности воды возле берега Черного моря летом 2013 года [Текст] / Александр Александрович Стоян // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2013. – Т. 18. – Вип. 2 (18). – С. 88 – 92.
7. *Тимченко В. М.* Экологическая гидрология водоемов Украины [Текст] / Владимир Михайлович Тимченко. – Киев: Наукова думка, 2006. – 384 с.; Илл.; Библиогр. С. 369 – 382. – 500 экз. – ISBN 966-00-0438-2.
8. *Черное море*, том 2: Гидрометеорологические условия морей Украины [Текст] / Ю. П. Ильин, Л. Н. Репетин, В.М. Белокопытов и др. – Севастополь: МНС и НАН Украины, 2012. – 421 с.; Илл.; Библиогр. 266, – 200 экз. – ISBN 978-442-079-9.
9. *Шуйский Ю. Д.* Природа Причерноморских лиманов: монография [Текст] / Ю. Д. Шуйский, Г. В. Выхованец. – Одесса: Астропринт, 2011. – 276 с.; Илл.; Библиогр. С. 263 – 273. – 300 экз. – ISBN 978-966-190-438-4.
10. *Шуйский Ю. Д.* Солёность воды в Тилигульском лимане осенью 2015 года [Текст] / Ю. Д. Шуйский, А. Н. Синюк // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2015. – Том 20. – Вип. 4 (27). – С. 89 – 97.

## REFERENCES

1. Adobovskiy, V. V., Bolshakov, V. N. (2003), Vliyanie anomalnykh usloviy zimy 2002-2003 gg. na gidrologicheskiy rezhim zakrytykh limanov Severo-zapadnogo Prichernomor'ya. [Effect of abnormal conditions of winter 2002-2003. the hydrological regime of the closed limans of the Northwest Black Sea Coast]. *Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoy i shelfovoy zon i kompleksnoe ispolzovanie resursov shelfa (Sevastopol)*, V 9, pp. 54 – 58.
2. Yu. S. Tuchkovenko, N. S. Loboda (2014), *Vodni resursy ta hidroekologichnyy stan Tyligul's'koho lymanu: Monografiya* [Water and Hydroecological state Tiligul Liman: Monograph], Odessa: TES, 278 p.
3. *Rozengurt, M. Sh.* (1974), *Gidrologiya i perspektivy rekonstruktsii prirodnnykh resursov Odesskikh limanov* [Hydrology and prospects for reconstruction of natural resources Odessa estuaries], Kiev: Naukova dumka, 224 p.
4. *Severo-zapadnaya chast Chernogo morya: biologiya i ekologiya* (2006), [North-western part of the Black Sea: biology and ecology], Kiev: Naukova dumka, 703 p.
5. *Sklyaruk, D. I.* (1962), Limany i ozera Severnogo Prichernomor'ya i ikh prirodnye lechebnye resursy [Limans and Lakes of Northern Black Sea region and their natural healing resources], *Trudy Odesskogo gosudarstvennogo universiteta im. I.I. Mechnikova*. V. 152 (10), pp. 68 – 76.
6. *Stoyan, A. A.* (2013), O raspredelenii solenosti vody vozle berega Chernogo morya letom 2013 goda [The distribution of salinity of the water near the shore of the Black Sea in the summer of 2013], *Visnik Odesskogo natsionalnogo universitetu. Geografichni ta geologichni nauki*, V. 18 (2), pp. 88 – 92.
7. *Timchenko, V. M.* (2006), *Ekologicheskaya gidrologiya vodoemov Ukrainy* [Environmental hydrology basins of Ukraine], Kiev: Naukova dumka, 384 p.
8. *Chernoje more*, Tom 2: *Gidrometeorologicheskie usloviya morey Ukrainy* (2012), [Hydrometeorological conditions of Ukrainian Seas] / Y.P. Il'in, L.N. Repetin, V.N. Belokopytov and oth., Sevastopol': MNS & NAN Ukraine, 421 p.
9. *Shuisky, Yu. D., Vychovanets, G. V.* (2011), *Priroda Prichernomorskikh limanov* [The nature of the Black Sea limans], Odessa: Astroprint, 276 p.
10. *Shuisky, Yu. D., Sinyuk, A. N.* (2015), Solyonost vody v Tiligul'skom limane oseniu 2015 goda [Water salinity in Tiligul liman during autumn 2015] // *Vestnik Odesskogo nazionalnogo universiteta. Geografichni ta geologichni nauky*, T. 20. Vyp. 4 (27), pp. 89 – 97.

Поступила 25. 11. 2016 г.

**Ю. Д. Шуйський**, доктор геогр. наук, проф.  
**Г. М. Синюк**, студент  
кафедра фізичної географії та природокористування,  
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,  
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна  
physgeo\_onu@ukr.net

## **СОЛОНІСТЬ ВОДИ В ТИЛІГУЛЬСЬКОМУ ЛИМАНІ ПІД ЧАС ОКРЕМИХ СЕЗОНІВ 2015-2016 РОКІВ (ПІВНІЧНЕ УЗБЕРЕЖЖЯ ЧОРНОГО МОРЯ)**

### **Резюме**

Лимани на узбережжі Чорного моря вміщують цінні рекреаційні ресурси та можуть бути використаними для вирощування риби цінних видів. Тому важливо визначити змінення солоності лиманної води як важливого показника загального стану водного середовища в лиманах. Серед Чорноморських лиманів важливого значення надається Тилігульському. Останніми 250 роками амплітуда коливань рівня води сягала 4,0-4,5 м. Тоді ж солоність води була в межах від 0,5‰ до 76,1‰, пересічне значення дорівнювало 11,5‰. Від осені 2015 р. до осені 2016 р. було взято по 19 взірців води, всього 95. Їх аналіз показав наявність пересічних сезонних значень солоності від 20,3‰ до 24,0‰, пересічно 22,22‰, що вище на 51,7% у порівнянні з пересічним за 250 років. Отримані величини пов'язані із ходом формування водного балансу Тилігульського лиману. Мають значення зниження стоку річок, регулювання балок, будівництво ставків, розорення ґрунтів тощо. З'єднувальний море з лиманом канал періодично постачає солону воду в лиман. Суттєвим є вплив сучасного потепління клімату (через підвищення випаровування) на зростання солоності. Отримана інформація та її камеральна обробка мають істотне значення для раціонального використання природних ресурсів Тилігульського лиману.

**Ключові слова:** Узбережжя Чорного моря, Тилігульський лиман, вода, солоність, аналіз, коливання, ресурси.

**Yu. D. Shuisky, A. N. Synyuk**  
Physical Geography Dept.,  
Odessa I. I. Mechnikov National University,  
2, Dvoryanskaya St., Odessa-82, 65082, Ukraine  
physgeo\_onu@ukr.net

## **WATER SALINITY IN TILIGUL LIMAN DURING THE SEASONS OF YEAR (NORTHERN COAST OF THE BLACK SEA)**

### **Abstract**

**Purpose.** Northern coast of the Black Sea is classic limanic type in Geography Sciences. All of coastal limans contain important natural resources, for instance, medicine mud and condition of recreation. In the limans fishermen rises sea-food products of valuable kinds. What is why salinity limanic water diagnose is very important for analytic accomplishment in Northern coasts of the Black Sea.

The aim of the article is discovering and analysis of the limanic water salinity during separate year season by example of Tiligul liman in 2015-2016.

**Data & Methods.** According to sampling 95 water samples during the every year season (by 19 hydrology points every season) elaboration and its analysis were carried out by the field expedition methods. Elaboration was made in analytical laboratory of Geography Department of Odessa Mechnikov's University by standard geochemical methods. This work is part of research project by program of the Education and Sciences Ministry of Ukraine.

**Results.** The Northern Black Sea coast is classic limanic, with location typical 25 limans. One of them is Sukhoy, which completely transformed now by impact anthropogenous factor; his limanic depression as occupied sea-port Ill'ichevsk as the Small Adjalyk liman was occupied by sea-port Yuzhniy. Other limans are almost natural with very many influence of anthropogenous factor and with conservation of main natural features.

The researching Tiligul liman located on Northern coast of the Black Sea, along border between two administrative oblasts of Ukraine (Odesskaya and Nikolaevskaya). Along this coast 25 limans located with different sizes and forms. One of biggest and deepest is Tiligul liman. Limanic water did fill up erosive depression in mouth part of Tiligul river during Holocene time. Limanic aquatory was separated from the Black Sea by sand barrier, that have Holocene age also. This barrier very wide, approximally up to 4 km, with many small lakes and ancient wave ridges. The Sea and the Liman united narrow canal for active water-exchange. The liman squire is 129 mln m<sup>2</sup> and water volume have up to 693 mln m<sup>3</sup>. The long is ≈ 52 km, width is from 0,2 to 5,4 km, maximal depth is ≥ 23 m and average is 5,4 m.

During autumn 2015 – autumn 2016 the water salinity of the limanic water by year seasons were from 13,2‰ to 24,0‰, in average in the Liman 22,22‰ in general. At the same period, according to climate seasons salinity water of Tiligul liman were: in 2015 autumn  $\Delta S_{\text{осн}} = 18,6-24,2\text{‰}$  (average 22,4‰); in 2016 winter  $\Delta S_{\text{зим}} = 21,1-25,0\text{‰}$  (average 23,7‰); in 2016 spring  $\Delta S_{\text{весн}} = 19,9-28,0\text{‰}$  (average 24,0‰); in 2016 summer  $\Delta S_{\text{літ}} = 13,2-23,0\text{‰}$  (average 20,61‰), and in 2016 autumn  $\Delta S_{\text{осн}} = 13,5-24,1\text{‰}$  (average 20,7‰). The general water salinity distribution is depending from quantity of fresh water that directing to the liman from water-collecting basin, by water exchanges between the Sea and the Liman, from direction, velocities and duration of wind, and depth of liman.

At the same time, scientific significance have vertical distribution of water temperature and salinity in Tiligul liman on maximal depth which is ≥ 23 m. During summer time, the temperature of the water top layer is up to 28-30°C in connection with bigger depth than in other shallow limans (2-3 m). On 13-20 m depth it was 17-18°C, and thermo-gradients are from 0,5°C per 1 m of depth to 1,0°C per 1 m of depth. The difference note on free water vertical exchange, though between top and bottom layers, we not observe equal meaning of temperature. Synchronically, salinity is changing also. In upper water layer we observed quantities 18,1-18,5‰, and nearest of the bottom its were 18,8-19,1‰ of salinity on depth 18-20 m. As we can see, by vertical quantity differences equal from 0,3‰ to 1,0‰. What is why specific increase of salinity per 1 m depth equal from 0,015‰ to 0,056‰ within area of maximal depths of Tiligul liman. Research discovered that the limanic salinity water is depending from modern climatic changes a little, and correlation coefficient is 0,44 and regressive equation is  $T^{\circ} = 0,179 t \times 339,18 (t - \text{years})$ .

Depended matherials of natural measurements are continuation of easy research during past decades from middle of XX century. Hard correlation was disclosed between dynamics of water salinity and air temperature in last of 60 year.

**Keywords:** Black Sea, limanic coast, liman, water, salinity, season, depth, climate changing.