

# **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИМАНОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

**Монография**



Одеса  
«ТЭС»  
2012

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины  
Одесский государственный экологический университет

*Посвящается 80-летию Одесского государственного  
экологического университета*

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИМАНОВ СЕВЕРО-  
ЗАПАДНОГО  
ПРИЧЕРНОМОРЬЯ**

Монография



Одесса  
2012

ББК 26.22  
А 43  
УДК 504.42

**Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья:** Коллективная монография / под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. Одесский государственный экологический университет. – Одесса: ТЭС, 2012. – с. 224, ил. 79, табл. 38, библи. 148.  
ISBN 978-966-2389-61-6

В монографии приведены результаты исследований учеными Одесского государственного экологического университета особенностей формирования современного гидрологического режима определяющих его природных и антропогенных факторов, возможностей стабилизации и регулирования гидроэкологического состояния вод лиманов Одешины: Большого Аджалыкского (Дофиновского), Тилигульского, Куяльницкого, Тузловской группы лиманов. Разработана методика долгосрочного прогнозирования наполнения Хаджибейского лимана в период весеннего половодья и дождевых паводков для предотвращения угрозы разрушения дамбы и затопления части территории г. Одессы.

Рекомендуется для специалистов в области океанологии и морского природопользования, гидрологии суши, гидроэкологии, экологии и охраны морской среды, студентов гидрометеорологических и экологических специальностей.

**Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я:** Колективна монографія / за ред. Ю.С. Тучковенка, Є.Д. Гопченка.– Одеса: Одеський державний екологічний університет. – Одеса: ТЕС, 2012. – с. 224, іл. 79, табл. 38, біблі. 148.  
ISBN 978-966-2389-61-6

У монографії викладені результати досліджень вченими Одеського державного екологічного університету особливостей формування сучасного гідрологічного режиму, природних і антропогенних чинників, які його визначають, можливостей стабілізації і регулювання гідроекологічного стану вод лиманів Одешини: Великого Аджалікського (Дофіновського), Тилігульського, Куяльницького, Тузлівської групи лиманів. Розроблена методика довгострокового прогнозування наповнення Хаджибейського лиману в період весняної повені і дощових паводків для запобігання загрозі руйнування греблі і затоплення частини території м. Одеси.

Рекомендується для фахівців в області океанології та морського природокористування, гідрології суши, гідроекології, екології та охорони морського середовища, студентів гідрометеорологічних і екологічних спеціальностей.

**Ответственные редакторы:**

д.геогр.н., проф. Ю.С. ТУЧКОВЕНКО; д.геогр.н., проф. Е.Д. ГОПЧЕНКО

Рецензенты: д.биол.н. Г. Г. Миничева, д.геол.н., проф. А.В. Чепижко

*Рекомендовано к печати ученым советом  
Одесского государственного экологического университета  
Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины  
(протокол № 9 от 27.10.2011 г.)*

**Список авторов:**

© В.В. Адабовский\*, В.Н. Большаков\*, Е.Д. Гопченко, О.Н. Гриб, Н.С. Лобода,  
Н.Г. Сербов, Т.А. Сафранов, Ю.С. Тучковенко, О.А. Тучковенко, Ж.Р. Шакирзанова

\*сотрудники Одесского филиала Института биологии южных морей НАН Украины

© Одеський державний екологічний університет

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение ( <i>Сафранов Т.А., Тучковенко Ю.С.</i> ).....	5
Глава 1 Методы расчета гидрологических характеристик Причерноморских лиманов.....	12
1.1 Научно-методические подходы к оценке составляющих водно-солевых балансов лиманов ( <i>Гопченко Е.Д., Лобода Н.С.</i> ).....	12
1.1.1 Уравнение водного баланса Причерноморских лиманов.....	12
1.1.2 Атмосферные осадки.....	14
1.1.3 Годовой сток.....	14
1.1.4 Внутригодовое распределение стока.....	27
1.1.5 Грунтовый сток.....	29
1.1.6 Испарение с водной поверхности Причерноморских лиманов.....	31
1.1.7 Максимальный сток.....	34
1.2 Численное математическое моделирование гидродинамических процессов в лиманах и их водообмена с морем ( <i>Тучковенко Ю.С.</i> ).....	44
1.2.1 Математическая структура модели.....	45
1.2.2 Блок теплообмена с атмосферой.....	59
1.2.3 Моделирование распространения примеси.....	62
1.2.4 Особенности численной реализации уравнений модели.....	63
Глава 2 Улучшение гидрологического и гидрохимического режимов Тузловской группы лиманов путем регулирования водообмена с морем ( <i>Тучковенко Ю.С., Гопченко Е.Д., Сербов Н.Г.</i> ).....	67
Глава 3 Регулирование гидроэкологического режима Дофиновского лимана ( <i>Тучковенко Ю.С., Гопченко Е.Д., Адабовский В.В., Большаков     В.Н.</i> ).....	87
Глава 4 Оценка возможностей регулирования гидроэкологического режима Тилигульского лимана.....	115
4.1 Современный гидрологический режим и динамика вод Тилигульского лимана ( <i>Тучковенко Ю.С., Адабовский В.В., Гриб О.Н.,         Тучковенко О.А.</i> ).....	116
4.2 Влияние морфометрических характеристик соединительного канала на водообмен лимана с морем ( <i>Тучковенко Ю.С., Тучковенко О.А.</i> )....	134
4.3 Оценка притока пресных вод в Тилигульский лиман ( <i>Лобода Н.С.</i> )....	140
Глава 5 Оценка многолетних изменений составляющих водного баланса Куяльницкого лимана и рекомендации по сохранению его природных ресурсов ( <i>Гопченко Е.Д., Гриб О.Н.</i> ).....	149

0,4 м БС). Даже при наличии возможности увеличения ширины канала, необходимо сочетать его с одновременным углублением.

Увеличение водообмена с морем путем углубления и (или) расширения канала приведет к улучшению гидроэкологических условий в южной части лимана. Однако, из-за наличия мелководных перемычек (кос), практически не повлияет на центральную и северную его части. Объясняется это особенностями геоморфологической структуры и циркуляции вод лимана.

Наличие соленых озер, прилегающих к каналу и связанных с ним, хотя и уменьшает поступление морских вод в лиман, но не существенно, поэтому вариант их периодической изоляции от канала не может рассматриваться как альтернатива необходимости углубления и (или) расширения канала для интенсификации водообмена с морем.

### **4.3 Оценка притока пресных вод в Тилигульский лиман**

Река Тилигул является наибольшей по площади водосбора рекой, впадающей в Тилигульский лиман. Площадь водосбора р.Тилигул равна 3550 км<sup>2</sup>, что составляет 47 % от общей водосборной площади Тилигульского лимана. Верхняя часть лимана питается исключительно водами р. Тилигул, в связи с чем задача оценки водных ресурсов этой реки в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях принимает исключительно важное практическое значение.

Около двух третей площади водосбора р.Тилигул находится на территории Причерноморской низменности, которая недостаточно изучена в гидрологическом отношении, поэтому пространственно-временные обобщения характеристик стока в пределах низменности носят приближенный характер. Карты изолиний основных гидрологических характеристик стока рек Причерноморской низменности, как правило, представлены пунктиром [9, 10, 11].

Согласно физико-географическому районированию [12, 13, 14], водосбор р.Тилигул находится в пределах двух физико-географических зон – лесостепной и степной, которые различаются, прежде всего, соотношением ресурсов тепла и влаги. Теплоэнергетические ресурсы и общее увлажнение территории определяют водность рек. По характеристикам водного режима р.Тилигул относится к гидрологической зоне недостаточной водности [15]. Практически весь бассейн реки находится в пределах северного крыла Причерноморского артезианского бассейна с преобладанием водоносных горизонтов сарматских отложений в песчаниках и известняках.

В соответствии с генетическим подходом, предложенным А.Н. Бефани [16], в гидрологических расчетах норма годового стока воды реки рассматривается как сумма поверхностной и подземной составляющих. Выделение этих составляющих выполняется на базе расчленения гидрографов стока различных рек с последующим их пространственно-временным обобщением в виде карт изолиний норм поверхностного и подземного годового стока. Влияние факторов подстилающей поверхности, таких как площадь водосбора и его гидрогеологические особенности, озерность, заболоченность, залесенность, учитывается посредством введения поправочных коэффициентов к нормам годового стока отдельно для поверхностной и подземной составляющих. При небольших размерах площади водосбора русло реки недостаточно глубоко дренирует подстилающую поверхность земли и подземное питание реки оказывается ниже нормы инфильтрации осадков в водоносные горизонты, обеспечивающей подземный сток.

Для определения нормы подземного питания А.Н. Бефани было введено понятие первой и второй критических площадей: первая критическая площадь – это площадь, при которой река начинает получать подземное питание; вторая критическая площадь – это площадь, при которой подземное питание реки становится устойчивым и не меняется с ростом площади водосбора. На основе исследований и обобщений, выполненных В.Г. Сорокиным [17], установлено, что в пределах бассейна р.Тилигул первая критическая площадь изменяется от 20 км<sup>2</sup> в верхнем течении реки до 100 км<sup>2</sup> в ее нижнем течении, т.е. при площади водосбора равной 3550 км<sup>2</sup> река получает устойчивое подземное питание. Однако, величина норм инфильтрации в подземные водоносные горизонты очень мала и изменяется от 5,0 мм в верхней части водосбора до 1,5 мм в нижней. Годовая норма подземного притока вод в р.Тилигул составляет 2,5 мм. Норма поверхностного годового стока изменяется в пределах бассейна р.Тилигул (по данным В.Г. Сорокина) от 15 до 10 мм. Это позволяет сделать вывод, что питание р.Тилигул является преимущественно поверхностным и формируется за счет таяния снежного покрова, который неустойчив и наблюдается на поверхности водосбора менее чем в 50 % случаев [18].

Вследствие усиления засушливости климата при переходе из лесостепной зоны в степную происходит ухудшение естественных условий формирования стока, в результате чего модуль годового стока р. Тилигул уменьшается с ростом площади водосбора. По карте изолиний модулей годового стока, приведенной в [9], можно установить, что средняя многолетняя величина годового стока р. Тилигул изменяется от 1,0 л/с/км<sup>2</sup> (30 мм) в верхней части водосбора до 0,2 л/с/км<sup>2</sup> (6 мм) – в нижней. В работе Я.А. Фоменко [19] на основе данных наблюдений для створа р.Тилигул – с.Березовка (по данным до 1986 года) указано, что средняя

многолетняя величина годового стока равна  $0,5 \text{ л/с/км}^2$  (15 мм). В более поздний период в работе А.И. Шерешевского и П.Ф. Вишневого [20] были приведены уточненные сведения, согласно которым изменения норм стока в пределах водосбора р.Тилигул происходят в направлении с северо-запада на юго-восток в диапазоне от  $0,6 \text{ л/с/км}^2$  (18 мм) до  $0,2 \text{ л/с/км}^2$  (6 мм).

Наблюдения за стоком на реке Тилигул были организованы гидрометеорологической службой на двух постах: Новоукраинка (открыт в 1955г., закрыт в 1987, площадь водосбора равна  $810 \text{ км}^2$ ) и Березовка (открыт в 1953г., является действующим, площадь водосбора равна  $3170 \text{ км}^2$ ). Озерность и заболоченность в пределах рассмотренных водосборов меньше 1, средняя высота водосбора р.Тилигул – с. Новоукраинка составляет 170 м, р.Тилигул–с.Березовка – 120 м.

На основе данных наблюдений за годовым стоком выполнена оценка основных его характеристик (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Статистические параметры годового стока р.Тилигул, определенные по данным наблюдений

Название створа	Период наблюдений	$\bar{Y}$ , мм	$\varepsilon_{\bar{Y}}$ , %	$C_V$	$\varepsilon_{C_V}$ , %	$C_S$	$\sigma_{C_S}$
с. Новоукраинка	1955-1987	27,0	26,0	0,52	17,8	1,10	2,58
с. Березовка	1953-2007	7,0	16,0	1,11	16,0	2,08	1,40
с. Березовка	1986-2007	6,0	30,2	1,31	30,2	2,96	2,89

Средняя многолетняя величина годового стока, представленная в виде слоя стока  $\bar{Y}$  уменьшается по длине реки почти в 3 раза. При этом резко возрастает коэффициент вариации  $C_V$  (от 0,5 до 1,1). Отношение коэффициента асимметрии  $C_S$  к коэффициенту вариации  $C_V$  сохраняется равным 2. При таком распределении характеристик стока по длине реки значения стока в маловодный год 75 % обеспеченности для створа р.Тилигул – с.Новоукраинка будет составлять **15,0 мм**, а для створа р.Тилигул – с.Березовка - **1,7 мм**, что свидетельствует о возрастающем различии в условиях формирования стока по длине реки в период маловодья, которое наблюдается в настоящее время.

Анализ разностной интегральной кривой годового стока (рис. 4.19) позволяет сделать вывод о том, что с 1986 года водность реки находится в маловодной фазе, на фоне которой произошел “всплеск” водности 2003-го года (в 2003 г. наблюдалось высокое половодье).

Значительное снижение водности реки с увеличением водосборной площади объясняется как различиями в естественных условиях

формирования стока, так и влиянием водохозяйственных преобразований. На водосборе действуют такие объекты хозяйственной деятельности как искусственные водоемы (площадь водного зеркала при НПУ изменяется от 10,32 км<sup>2</sup> до 7,80 км<sup>2</sup> за многолетний период, а объем их регулирующей емкости - от 11349 тыс.м<sup>3</sup> до 2600 тыс.м<sup>3</sup>), орошаемые земли (площадь орошаемых земель составляет в среднем 395 га). Питьевое водоснабжение осуществляется за счет подземных вод (13180 тыс. м<sup>3</sup> в год).

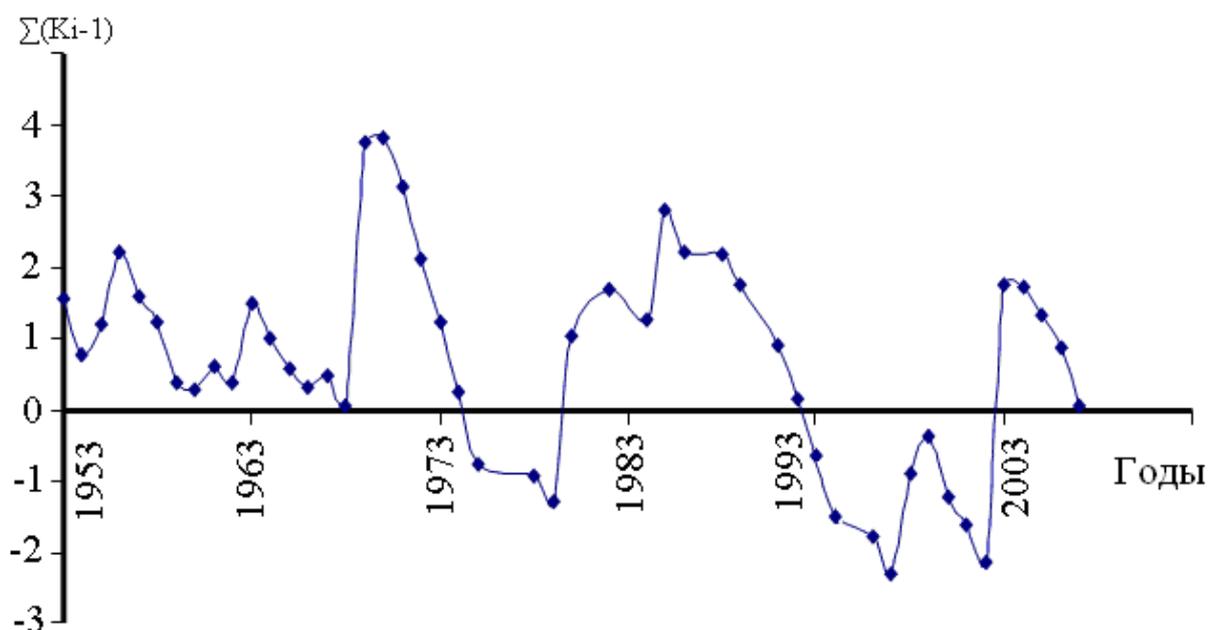


Рис. 4.19 – Разностная интегральная кривая годового стока р.Тилигул (по данным в/п. Березовка за период с 1953 по 2007 гг.)

Точность расчета характеристик годового стока за имеющийся период наблюдений является неудовлетворительной: относительные среднеквадратические погрешности расчета  $\bar{Y}$  и  $C_V (\varepsilon_{\bar{Y}}, \varepsilon_{C_V})$  превышают допустимые [11], что свидетельствует о недостаточной репрезентативности рассматриваемых рядов.

С целью установления роли естественных и антропогенных факторов в формировании стока р.Тилигул, а также оценки ее водных ресурсов в настоящем и будущем нами была использована модель “климат-сток”, разработанная в ОГЭКУ под руководством проф. Гопченко Е.Д. и проф. Лободы Н.С. [21-25]. Модель рассматривает условия формирования стока на водосборах в последовательной цепи вида: “климатические факторы → климатический сток → подстилающая поверхность → естественный сток → водохозяйственные преобразования → бытовой сток”. Преимуществом модели является использование метеорологической информации для расчетов стока: ряды метеорологических наблюдений имеют большую

длину, чем гидрологические и не подвергаются воздействию водохозяйственных преобразований.

Модель включает в себя два блока. Первый блок предусматривает оценку естественного, ненарушенного хозяйственной деятельностью, годового стока. Второй блок выполняет оценку бытового стока, являющегося следствием водохозяйственных преобразований. В результате имитационного стохастического моделирования получены функции антропогенного влияния, позволяющие определять характеристики годового стока в зависимости от климатических условий, вида и масштабов водохозяйственных преобразований [26-29].

Методики решения задач оценки естественных водных ресурсов реки при недостаточности или отсутствии данных наблюдений, а также оценки водных ресурсов реки при наличии водохозяйственных преобразований, построенные на основе модели “климат-сток”, изложены в разделе 1.1.3.

На основе пространственных обобщений составляющих уравнения водно-теплового баланса [23,24] установлено, что в пределах водосбора р.Тилигул годовые нормы осадков уменьшаются в направлении с северо-запада на юго-восток от 525 мм до 475 мм (см.рис. 1.2). Годовые нормы максимально возможного испарения, который является эквивалентом теплоэнергетических рассматриваемого водосбора, возрастают от 900 мм до 975 мм (см.рис. 1.3). Нормы климатического годового стока изменяются от 35 мм в верхнем течении реки до 20 мм – в нижнем (см.рис. 1.4).

В соответствии с изложенной в разделе 1.1.3 методикой, были рассчитаны характеристики естественного годового стока р.Тилигул (табл. 4.3). Норма годового климатического стока рассматриваемой реки составляет **23 мм**, коэффициент перехода  $k$  от климатического стока к естественному, учитывающий потери стока при средней высоте водосбора  $H_{CP}=120$  м, равен **0,55**, норма естественного годового стока с водосбора р.Тилигул в Тилигульский лиман равна **13 мм**, коэффициент вариации – **1,14**, коэффициент асимметрии – **1,9**.

Таблица 4.3 – Статистические параметры естественного годового стока р.Тилигул, установленные на основе модели “климат-сток”

Норма климатического стока, $\bar{Y}_K$ , мм	Параметры естественного годового стока			Величины естественного стока в годы различной обеспеченности $Y_P$ , мм				
	$\bar{Y}$ , мм	$C_V$	$C_S$	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
23,0	13,0	1,14	1,90	43,0	19,0	8,0	2,0	0,1

Оценка характеристик годового стока в бассейне реки Тилигул с учетом водохозяйственных преобразований показала, что дополнительное испарение с водной поверхности искусственных водоемов суммарной площадью водного зеркала, изменяющейся от 10,32 км<sup>2</sup> до 7,80 км<sup>2</sup>, может вызвать снижение естественных водных ресурсов в пределах 4-5 %, т.е. коэффициент антропогенного влияния  $k'_{\bar{Y}}$  будет изменяться от **0,94** до **0,95** (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Статистические параметры годового стока реки Тилигул при наличии на водосборе искусственных водоемов с площадью водной поверхности 7,8 км<sup>2</sup> и 10,3 км<sup>2</sup>

Относительная площадь водной поверхности	Коэффициенты антропогенного влияния			Параметры бытового стока			Величины бытового стока в годы различной обеспеченности $Y_P$ , мм				
	$k'_{\bar{Y}}$	$k'_{C_V}$	$k'_{C_S}$	$\bar{Y}_B$ , мм	$C_V$	$C_S$	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{25\%}$ , мм	$Y_{50\%}$ , мм	$Y_{75\%}$ , мм	$Y_{95\%}$ , мм
0,2	0,95	1,03	1,02	12,0	1,16	1,9	43,0	18,0	7,0	1,8	0,04
0,3	0,94	1,05	1,03	12,0	1,20	2,0	42,0	18,0	6,0	1,3	0,03

Роль забора воды на орошение при площади орошаемых земель (395 га) может быть оценена коэффициентом антропогенного влияния равным **0,86**. Таким образом, суммарное воздействие указанных видов водохозяйственных преобразований (искусственных водоемов и орошения) может привести к снижению водных ресурсов р.Тилигул на **19 %** (значение суммарного коэффициента антропогенного влияния равно **0,81**). Исходя из предположения, что заполнение искусственных водоемов (максимальный объем регулирующей емкости равен 11349 тыс.м<sup>3</sup>) происходит практически ежегодно, можно получить коэффициент наполнения искусственных водоемов равный **0,75**, что обусловит в сумме снижение водных ресурсов на **44 %**.

Исследования метеорологических и гидрологических характеристик на водосборе р.Тилигул [30] привели к заключению о наличии их изменений в последние два десятилетия: рост температур зимнего сезона, смещение дат появления ледовых явлений на более поздние и дат их окончания на более ранние (табл. 4.5), уменьшение максимальных расходов весеннего половодья. Наибольшее значение годового стока до 1980 года по створу р.Тилигул – с.Березовка было равно 48 мм, после 1980 года эта величина составляла 35 мм и наблюдалась в 2003 году. Самое меньшее значение годового стока составляло 6,2 мм до 1980 года и 0,8 мм

после 1980 года. Наибольший расход (до 1980 года) наблюдался 18.03.1969г. и составил 86,4 м<sup>3</sup>/с, а после 1980 года – наибольший расход принял значение равное 54,9 м<sup>3</sup>/с и наблюдался в марте 2003 года. Наименьшие зимние и наименьшие летние расходы в периоды открытого русла сохранились равными нулю.

Таблица 4.5 – Изменение сроков появления и окончания ледовых явлений в створе р.Тилигул – с. Березовка

Створ	Начало осенних ледовых явлений		Окончание ледовых явлений		Среднее количество дней с ледовыми явлениями	
	1961-1988 гг.	1989-2008 гг.	1961-1988 гг.	1989-2008 гг.	1961-1988 гг.	1989-2008 гг.
с. Березовка	22 ноября	3 декабря	17 марта	12 марта	92	76

С целью оценки влияния изменений климатических факторов формирования стока за последние десятилетия были использованы работы В.В. Гребиня [31], из которых следует, что среднее количество годовых осадков за период 1989-2008 гг. по метеостанции Раздельная уменьшилось на 5 % по отношению к предыдущему периоду наблюдений (1951-1988 гг.), в тоже время выросла средняя годовая температура на 0,7°С. В зимний сезон увеличились средние месячные температуры января и февраля на 1,6-1,9°С (в пределах отрицательных значений) и снизилась температура воздуха за декабрь на 0,6°С. В весенний сезон основное увеличение температур воздуха приходится на март (1,8°С). В летние месяцы (VII-VIII) средняя месячная температура воздуха увеличилась на 1,2-1,8°С. Полученные В.В. Гребинем результаты были подтверждены исследованиями ОГЭКУ, выполненными для метеостанции Любашевка. Снижение среднемноголетних расходов на р.Тилигул-с.Березовка по данным В.В.Гребиня за 1989-2008 гг. составило 39 %, максимального – 60 %.

По данным В.В. Гребиня [32] установлено, что суммарное увеличение температуры воздуха за расчетный интервал “май-сентябрь” в период с 1989 г. по 2008 г. по сравнению с предыдущим многолетним периодом составляет 2,5 – 3,0 °С для метеорологических станций северо-запада Причерноморской низменности (Измаил, Сарата, Раздельная, Вознесенск), что обуславливает рост теплоэнергетических ресурсов

климата ( $\bar{E}_m$ ) в 1,04 раза. Снижение годовых осадков с 1989 г. по 2008 г. произошло в среднем на 6 %. Расчеты на основе уравнения водно-теплового баланса показали, что такое изменение соотношения ресурсов тепла и влаги обеспечивает снижение климатического годового стока на 30 %. Если применить полученный результат к водосбору р.Тилигул, то получим, что норма климатического стока в текущий период времени составляет **16 мм**, а с учетом потерь на водосборе норма естественного стока составит **9 мм** (табл. 4.6). Как уже отмечалось, снижение водности реки сопровождается усилением влияния водохозяйственных преобразований. За счет возрастающих потерь на дополнительное испарение с водной поверхности норма стока уменьшится на 6-8% и достигнет **8 мм** (табл. 4.7).

Таблица 4.6 – Статистические параметры естественного годового стока р.Тилигул, установленные на основе модели “климат-сток” для современных климатических условий

Норма климатического стока, $\bar{Y}_K$ , мм	Параметры естественного годового стока			Величины естественного стока в годы различной обеспеченности $Y_P$ , мм				
	$\bar{Y}$ , мм	$C_V$	$C_S$	$Y_{5\%}$	$Y_{25\%}$	$Y_{50\%}$	$Y_{75\%}$	$Y_{95\%}$
16,0	9,0	1,43	2,4	37,0	13,0	6,0	0,4	0,03

Таблица 4.7 – Статистические параметры годового стока реки Тилигул при наличии на водосборе искусственных водоемов с площадью водной поверхности 7,8 км<sup>2</sup> и 10,3км<sup>2</sup> для современных климатических условий

Относительная площадь водной поверхности	Коэффициенты антропогенного влияния			Параметры бытового стока			Величины бытового стока в годы различной обеспеченности $Y_P$ , мм				
	$f_B$ , %	$k_{\bar{Y}}$	$k_{C_V}$	$k_{C_S}$	$\bar{Y}_B$ , мм	$C_V$	$C_S$	$Y_{5\%}$ , мм	$Y_{25\%}$ , мм	$Y_{50\%}$ , мм	$Y_{75\%}$ , мм
0,2	0,94	1,04	1,04	8,4	1,48	2,50	37,0	12,0	2,7	0,23	0,008
0,3	0,92	1,06	1,05	8,2	1,51	2,52	36,0	12,0	2,6	0,22	0,008

Коэффициент антропогенного влияния  $k_{\bar{Y}}$  забора воды на орошение культур ( $\nu_0=0,9$ ) при  $f_{OP}$  равное 0,1 % снизится до 0,69, что обеспечит суммарное снижение стока на 38 %. Средняя многолетняя величина стока при этом составляет 6 мм, что соответствует данным наблюдений (табл. 4.2) и результатам [32], согласно которым снижение средней многолетней величины годового стока за период с 1989 г. по 2008 г. по отношению к средней многолетней величине годового стока за период с 1953 г. по 1988 г. равно 0,65, т.е. 35 %.

**Выводы.** В настоящее время водные ресурсы р.Тилигул существенно ниже тех, которые существовали в середине прошедшего столетия и соответствовали норме естественного годового стока равной **13 мм**. Причиной снижения стока является изменение климатических условий, связанное с ростом температур воздуха. Норма естественного годового стока в настоящий период равна **9 мм**, бытового – **6 мм**. Значительное влияние на уменьшение водных ресурсов р.Тилигул оказывают водохозяйственные преобразования, к которым относятся дополнительное испарение с водной поверхности искусственных водоемов, заборы воды на орошение. Влияние факторов водохозяйственной деятельности до начала изменений климата способствовало снижению стока на 19 %, в настоящее время – на 38 %. Суммарное уменьшение естественного стока р.Тилигул с учетом влияния как климатических факторов, так и водохозяйственных преобразований достигает **53-54 %**.

### К главе 3

1. *Адобовский В.В.* Новый этап высыхания закрытых лиманов (на примере Дофиновского лимана) // География и природные ресурсы, – 1996. – № 2. – С.167-169.
2. *Адобовский В.В.* Гидрологические аспекты реконструкции приморских лиманов// География и природные ресурсы, – 2005. – № 2. – С. 68-72.
3. *Северо-западная часть Черного моря: Биология и экология /* Под ред. Ю.П.Зайцева, Б.Г.Александрова, Г.Г.Миничевой.– Киев: Наук. Думка. – 2006.– 703 с.
4. *Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР:* Справочник. Т.4. Черное море.– Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 99 с.
5. *Обґрунтування заходів щодо покращення гідрологічного та сольового режимів Дофіновського лиману Комінтернівського району/* Одес. Держ. Екол. Ун-т; № ДР 0108U001214. – Одеса, 2007. – 101 с.
6. *Боуден К.Ф.* Физическая океанография прибрежных вод. – М.: Мир. – 1988. – 326 с.
7. *Лонин С.А., Тучковенко Ю.С.* Имитация сгонно-нагонных колебаний уровня моря в портах северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ. – 1999.- С. 58 – 66.
8. *Чернякова А.П.* Типовые поля ветра Черного моря // Сб. работ БГМО ЧАМ .- Л.: Гидрометеиздат.-Вып.3.- 1965.-С.78 – 121.
9. *Тучковенко Ю.С.* Математическая модель формирования термохалинной структуры и циркуляции вод в лиманах, приустьевых и шельфовых областях северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: НАН Украины, МГИ.– 2003.– С. 138-153.
10. *Тучковенко Ю.С.* Гидродинамическая модель для расчета трехмерной циркуляции и термохалинной структуры вод северо-западной части Черного моря // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2002.– № 45. – С. 129 - 139.

### К главе 4

1. *Адобовский В.В., Большаков В.Н.* Влияние аномальных условий зимы 2002-2003 гг. на гидрологический режим закрытых лиманов северо-западного Причерноморья // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование

- ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, ОФ ИНБЮМ. – Вып. 9. – 2003. – С. 54–58.
2. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья.– Киев: Наукова думка, 1990. – 238 с.
  3. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов.– Киев: Наукова думка, 1974.– 224 с.
  4. *Оцінка та розрахунок гідраліко-морфометричних характеристик водообміну в системі «Тілігульський лиман ↔ Чорне море» для розробки рекомендацій по збереженню природних ресурсів лиману: Звіт з НДР/Одеський держ. еколог. ун-т; № ДР 0110U008224.* – Одеса, 2010. – 178 с.
  5. *Hess K.W.* MECCA Programs documentation: Technical Report / NOAA. – NESDIS 46. – Washington, D.C., 1989. – 97 p.
  6. *Тучковенко Ю.С.* Математическая модель формирования термохалинной структуры и циркуляции вод в лиманах, приустьевых и шельфовых областях северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: НАН Украины, МГИ.– 2003.– С. 138-153.
  7. *Иванов В.А., Тучковенко Ю.С.* Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем. – Севастополь: МГИ НАН Украины.–2006.- 368 с.
  8. *Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья.* – Л.: Наука, 1988. – 304 с.
  9. *Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца.* – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
  10. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Т. 6. Вып. 1. Зап. Украина и Молдавия.* – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 882 с.
  11. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
  12. *Коротун І.М., Коротун Л.К., Коротун С.І.* Природні ресурси України. Рівне, 2000. С. 192.
  13. *Атлас природных условий и естественных ресурсов УССР.* – М.: ГУГК (отдел географии), 1978. – 120 с.
  14. *Атлас Одеської області.* – Одеса: Хорс, 2002. – 80 с.
  15. *Швебс Г.И., Игошин М.І.* Каталог річок і водойм України: навчально-довідковий посібник / Під ред. Є.Д. Гопченка. – Одеса: Астропринт, 2003. – 390 с.
  16. *Бефани А.Н.* Пути генетического определения нормы стока. - Научный ежегодник ОГУ. - Одесса. - 1957. - 125 с.

17. *Сорокин В.Г.* Средний многолетний сток орошаемых районов юга Европейской территории Советского Союза // Межвед. научн. сб. Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса. – 1974. – С. 121-129.
18. *Справочник по климату СССР. Украинская ССР.* - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - вып.10., ч.IV. - 696 с.
19. *Фоменко Я.А.* Водные ресурсы основных речных бассейнов Украинской ССР и Молдавской ССР // Тр. УкрНИГМИ.- 1986. – Вып.215. – С.20-38.
20. *Шерешевский А.И., Вишневский П.Ф.* Норма и изменчивость годового стока рек Украины / Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 3. –С. 81-91.
21. *Лобода Н.С.* Методические подходы к оценке естественных водных ресурсов горных районов на основе метеорологической информации (на примере горной части бассейна р.Днестр) // Міжвід. наук. зб. України. - Метеорологія, кліматологія та гідрологія. - Одеса. - 2002. – Вип. 45. - С. 118 –124.
22. *Лобода Н.С., Гонченко Є.Д.* Нормування характеристик природного річного стоку України // Наукові праці УкрНДГМІ. – К.: Ніка-Центр. – 2003. – Вип. 252. – С. 5-10.
23. *Гонченко Е.Д., Лобода Н.С.* Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Київ: КНТ, 2005. – 188 с.
24. *Лобода Н.С.* Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
25. *Лобода Н.С.* Системный подход и функции отклика гидрологической системы на антропогенные воздействия при математическом моделировании бытового стока // Міжвід. наук. зб. України. - Метеорологія, кліматологія та гідрологія. - Одеса. - 2004. – Вип. 48. - С. 416 – 424.
26. *Loboda N.S. & Phan Van Chinnh.* Statistical modelling and estimating the irrigation and man-made effect on annual runoff and water resources // GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment. (proceedings of ICGRHWE held Tree Gerges Dam, Chine.) – 2004. – IAHS Publication 289 in the IAHS Series of Proceedings and Reports. – P.215-218.
27. *Loboda N., Glushkov A., Khohlov V.* Using meteorological data for reconstruction of annual runoff series over an ungauged area: Empirical orthogonal function approach to Moldova-Southwest Ukraine region // Atmospheric Research. – 2005. - Vol 77/1-4. – P. 100-113.
28. *Лобода Н.С., Шахман І.О.* Функції відгуку водогосподарських систем Нижнього Подніпров'я на зрошення сільськогосподарських

- масивів водами Дніпра // Вісник Одеського державного екологічного університету. – Вип.3. - Одеса:ТЕС. –2006. - С. 175-181.
29. *Лобода Н.С.* Проблемы гидрологических расчетов в условиях антропогенного воздействия и модель ”климат -сток”// Міжвід. наук. зб. України. - Метеорологія, кліматологія та гідрологія. - Одеса. - 2007. – Вип. 50. частина друга- С. 14 – 19.
30. *Тучковенко Ю.С., Лобода Н.С., Гриб О.Н.* Современные проблемы водной экосистемы Тилигульского лимана и пути их решения // Труды Междунар. науч. – практ. конф. (17-28 мая 2011 г., Пермь) “Современные проблемы водохранилищ и их водосборов.” - Т.1. – Перм. гос.университет. – Пермь, 2011. –С.167-172.
31. *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К.: Ніка –центр, 2010. -316 с.
32. *Гребінь В.В.* Регіональний ландшафтно-гідрологічний аналі сучасного водного режиму річок України: Дис...д.геогр.наук:11.00.07. – Київ, 2010. -440с.

#### *К главе 5*

1. *Справочник по водным ресурсам /* Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
2. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – Киев: Наук. думка, 1974. – 224 с.
3. *Швебс Г.І., Ігошин М.І.* Каталог річок і водойм України: навчально-довідковий посібник (під ред. Гопченка Є.Д.). – Одеса: Астропринт. – 2003. – 390 с.
4. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М., Белов В.В., Гриб К.О., Медведєва Ю.С.* Аналіз сучасних морфометричних та деяких фізико-хімічних характеристик лиману Куяльник // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: «ІНВАЦ», 2009. – С. 63-65.
5. *Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів: Звіт з НДР.* Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2009. – 90 с.
6. *Тимченко В.М.* Экологическая гидрология водоёмов Украины. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с.
7. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М.* Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2010. – Вип. 51.– С. 200-215.
8. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М.* Сучасні морфометричні характеристики Куяльницького лиману // Вестник Гидрометцентра Чёрного и