

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, Тузовской 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), Тилигульського, Куяльницького, Тузовської 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 суші, 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 (Сафранов Т.А., Тучковенко Ю.С.).....	5
Глава 1 Методы расчета гидрологических характеристик Причерноморских лиманов.....	12
1.1 Научно-методические подходы к оценке составляющих водно-солевых балансов лиманов (Гопченко Е.Д., Лобода Н.С.).....	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 (Тучковенко Ю.С.).....	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 (Тучковенко Ю.С., Гопченко Е.Д., Сербов Н.Г.).....	67
Глава 3 Регулирование гидроэкологического режима Дофиновского лимана (Тучковенко Ю.С., Гопченко Е.Д., Адабовский В.В., Большаков В.Н.).....	87
Глава 4 Оценка возможностей регулирования гидроэкологического режима Тилигульского лимана.....	115
4.1 Современный гидрологический режим и динамика вод Тилигульского лимана (Тучковенко Ю.С., Адабовский В.В., Гриб О.Н., Тучковенко О.А.).....	116
4.2 Влияние морфометрических характеристик соединительного канала на водообмен лимана с морем (Тучковенко Ю.С., Тучковенко О.А.)....	134
4.3 Оценка притока пресных вод в Тилигульский лиман (Лобода Н.С.)....	140
Глава 5 Оценка многолетних изменений составляющих водного баланса Куяльницкого лимана и рекомендации по сохранению его природных ресурсов (Гопченко Е.Д., Гриб О.Н.).....	149

Глава 6 Оценка наполнения Хаджибейского лимана поверхностными водами и долгосрочное прогнозирование его состояния в весенний период года (<i>Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р.</i>).....	169
6.1 Условия формирования Хаджибейского лимана и его физико-географическая характеристика.....	170
6.2 Методика долгосрочного прогнозирования поступления весенних вод к закрытым лиманам северо-западного Причерноморья.....	185
6.3 Метод прогноза сроков начала весеннего подъема и наступления максимальных уровней воды в лиманах.....	201
Заключение (<i>Тучковенко Ю.С.</i>).....	207
Список литературы.....	212

ГЛАВА 5

ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВОДНОГО БАЛАНСА КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОХРАНЕНИЮ ЕГО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Куяльницкий лиман принадлежит к группе закрытых и является одним из самых древних на территории Северо-Западного Причерноморья [1-3]. Он известен как важный рекреационный и бальнеологический объект государственного и мирового значения. Высокие лечебные свойства имеют рапа и грязи лимана. Уже на протяжении нескольких лет водоем находится в критическом экологическом состоянии. Это обусловлено его катастрофическим обмелением (до 40 см – в октябре 2009 г.) и связанным с этим увеличением солености рапы (до 390 ‰ – в августе 2009 г.), что угрожает исчезновением водоема и потерей запасов уникальных лечебных грязей и рапы, своеобразной флоры и фауны лимана [4-5, 7-9].

Исследованием водного баланса Куяльницкого лимана в разные годы занимался ряд ученых и специалистов (В.М. Бицилли, А.И. Молдованов, И.Ф. Бурлай, Г.И. Швебс, В.М. Тимченко и другие), а также разные организации и учреждения: Одесский гидрометеорологический институт (ОГМИ) – в настоящее время Одесский государственный экологический университет (ОГЭКУ), Одесский государственный университет (ОГУ) им. И.И. Мечникова – в настоящее время Одесский национальный университет (ОНУ) им. И.И. Мечникова, УкрНИГМИ, УкрЮжГИПроводХоз, Режимная эксплуатационная станция гидрогеологии, УкрНИИКурортологии и некоторые другие [4-7, 10-17].

В 1961-1965 гг. водный баланс лимана изучали ученые ОГМИ (под руководством А.И. Молдованова) [10, 11]. Результаты этих исследований указывают на то, что начиная с середины прошлого столетия, на водный и гидрохимический режим лимана существенное влияние оказывает регулирование стока р. Большой Куяльник и других водотоков, впадающих в Куяльницкий лиман, большим количеством искусственных водоёмов и гидротехнических сооружений (прудов, водохранилищ, плотин, шлюзов и др.), которых в то время насчитывалось около 145.

Последующие научные публикации по исследованию водного баланса лимана приходятся на период очередного обмеления водоема, которое имело место с 1990 по 1996 гг. Некоторые из этих публикаций являются результатом исследований ученых Института гидробиологии НАН Украины [11, 12], которые выполнялись при проектировании канала «Дунай-Днепр». Другие публикации являются результатом совместных исследований учёных ОГМИ и ОГУ им. И.И. Мечникова [3, 11, 14], которые были связаны с геоэкологическим анализом, оценкой притока

поверхностных вод в водоем и разработкой мероприятий по улучшению водно-солевого режима лимана.

В современный период (последние десять лет) изучением экологического состояния и составляющих водного баланса Куяльницкого лимана, в частности причин обмеления водоема и катастрофического увеличения солености воды, занимаются учёные и специалисты ОГЭКУ [4, 5, 7, 8, 18], Физико-химического института защиты окружающей среды и человека МОНМС Украины и НАН Украины [14, 19] и некоторые другие.

В данной главе представлены методика и результаты определения составляющих водного баланса Куяльницкого лимана, их многолетней изменчивости и причин обмеления водоема в современный период для разработки мероприятий по возобновлению водно-солевого режима лимана, благоприятного для его экологического состояния и сохранения природных ресурсов. Прежде всего были оценены естественные и антропогенные факторы, которые формируют гидрологический режим и соленость воды лимана в современный период. Затем были рассчитаны ежегодные водные балансы лимана, которые необходимы для определения причин катастрофического обмеления водоема, уменьшения уровня воды и глубин лимана и связанного с этим увеличение солености воды.

Модель водного баланса Куяльницкого лимана в общем виде можно представить уравнением [7, 20]

$$\pm \Delta W = W_1 - W_2 = V_{Ek} - (V_{Pk} + V_{byt}), \quad (5.1)$$

где $\pm \Delta W$ – изменение объема воды в лимане, млн. м³;
 W_1 – объем воды в лимане на начало расчетного периода, млн. м³;
 W_2 – объем воды на конец расчетного периода, млн. м³;
 V_{Ek} – объем испарения с водной поверхности лимана, млн. м³;
 V_{Pk} – объем атмосферных осадков, которые выпали на водную поверхность лимана в виде дождя или снега, млн. м³;
 V_{byt} – объем воды, которая поступила в лиман с речным (поверхностным и подземным) стоком V_r и притоком с озер пересыпи V_{oz} , млн. м³.

Изменение уровня воды в лимане происходит при изменении объема водной массы и при нарушении горизонтального положения поверхности воды. Последнее связано с ветровыми сгонами и нагонами воды. Ветровые денivelляции уровня воды на таких лиманах могут достигать 20-40 см и более [11, 12, 21, 22].

Определение изменений объема воды в лимане $\pm \Delta W$ за год выполнялось по данным наблюдений за уровнем воды на водомерном посту на начало (1 января) H_1 и конец (31 декабря) H_2 каждый год с использованием кривых объемов воды $W = f(H)$ Куяльницкого лимана

(рис. 5.1), построенных по данным батиметрических съемок 1975 г. [11] и 2009 г. План Куяльницкого лимана в изобатах, построенный по съемке 2009 г., показан на рис. 5.2.

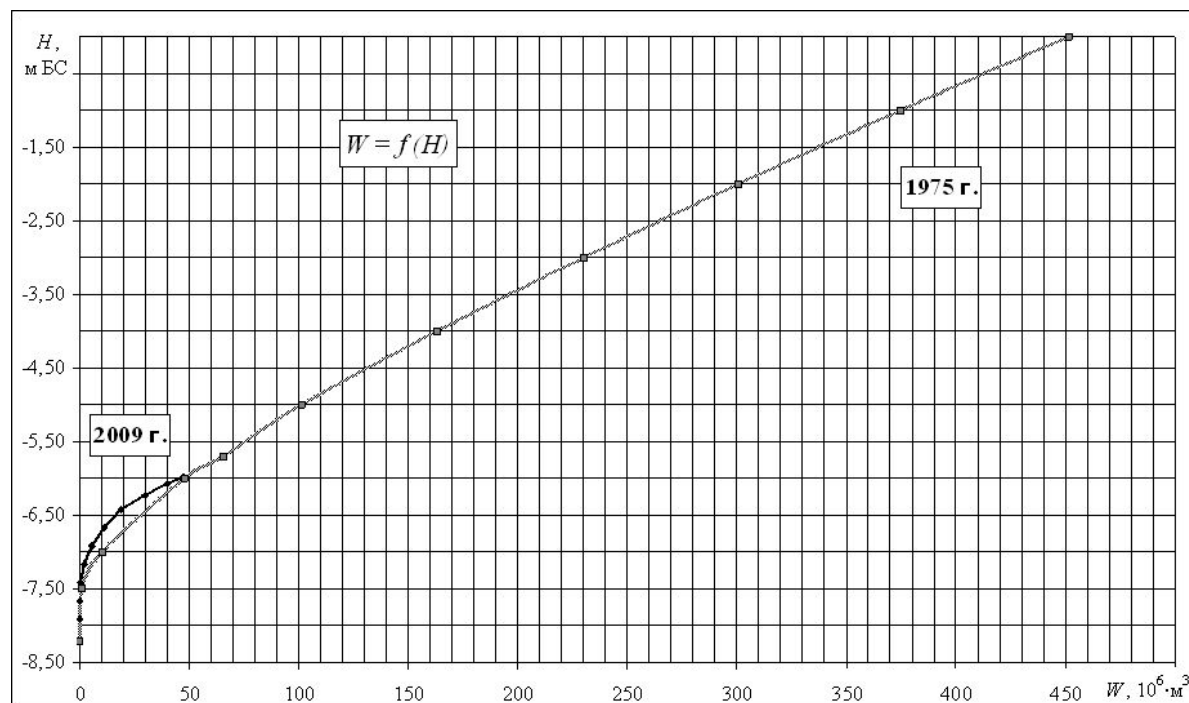


Рис. 5.1 – Кривые объёмов воды $W = f(H)$ Куяльницкого лимана по данным батиметрических съёмов в 1975 и 2009 гг. [5, 8, 10]

Результаты натурных экспедиционных исследований Куяльницкого лимана в июле-августе 2009 г. позволили не только обобщить основные морфометрические характеристики водоема в современный период, но и выполнить анализ их изменений в зависимости от колебаний уровня воды в лимане.

По данным натурных исследований [4, 5] и анализа спутниковых снимков [23] в июле-августе в 2009 г., длина лимана составляла 20,7 км. Ширина лимана постепенно увеличивается с севера на юг и достигает максимального значения на участке с. Красносёлка – 3,60 км [4, 5].

Наибольшая глубина в лимане отмечена в районе устья р. Кубанка, которая при отметке уровня минус 6,42 м БС составляла 1,80 м, средняя глубина водоёма при этом составляла 0,50 м [4, 5].

Площадь водного зеркала лимана может изменяться в зависимости от наполнения водоема от 19 до 74 км² [2, 6, 12 и др.], летом в 2009 г., при уровне воды минус 6,42 м БС, наблюдалось ее среднее значение, которое составляло 37,6 км² [4, 5].

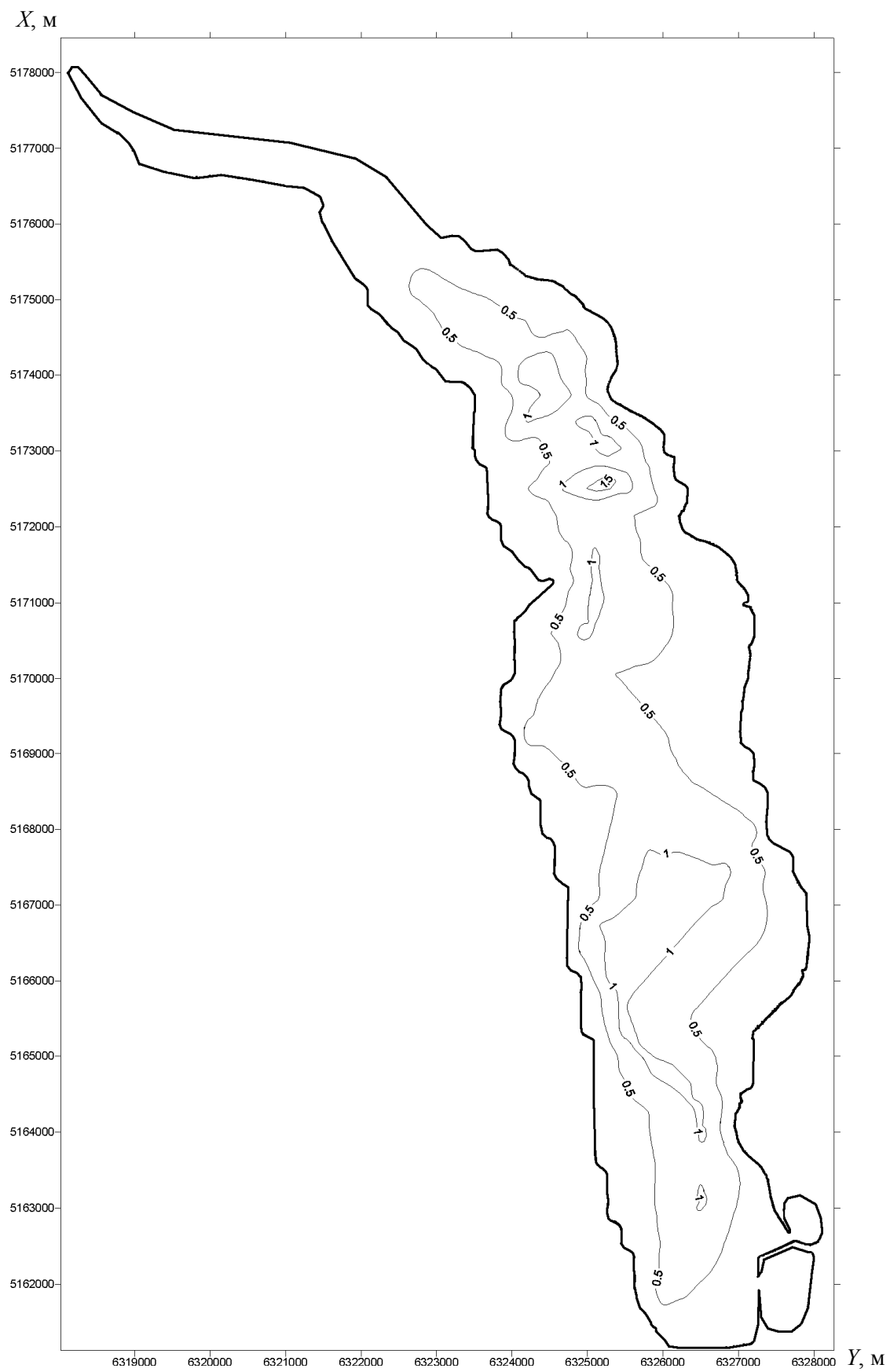


Рис. 5.2 – План Куяльницького лимана в ізобатах (м) [4, 5, 8]

Объем воды в лимане может достигать 370 млн. м³ [2, 6, 11 и др.], в 2009 г. он составил лишь 18,8 млн. м³ [4, 5], что почти в 20 раз меньше максимального значения.

Вывод о том, что чаша лимана заиливается, формируется на основе сопоставления объемов воды водоема (рис. 5.1) и кривых площадей водной поверхности (рис. 5.3), построенных по результатам батиметрических съемок Куяльницкого лимана, выполненных в 1975 г. и летом в 2009 г.

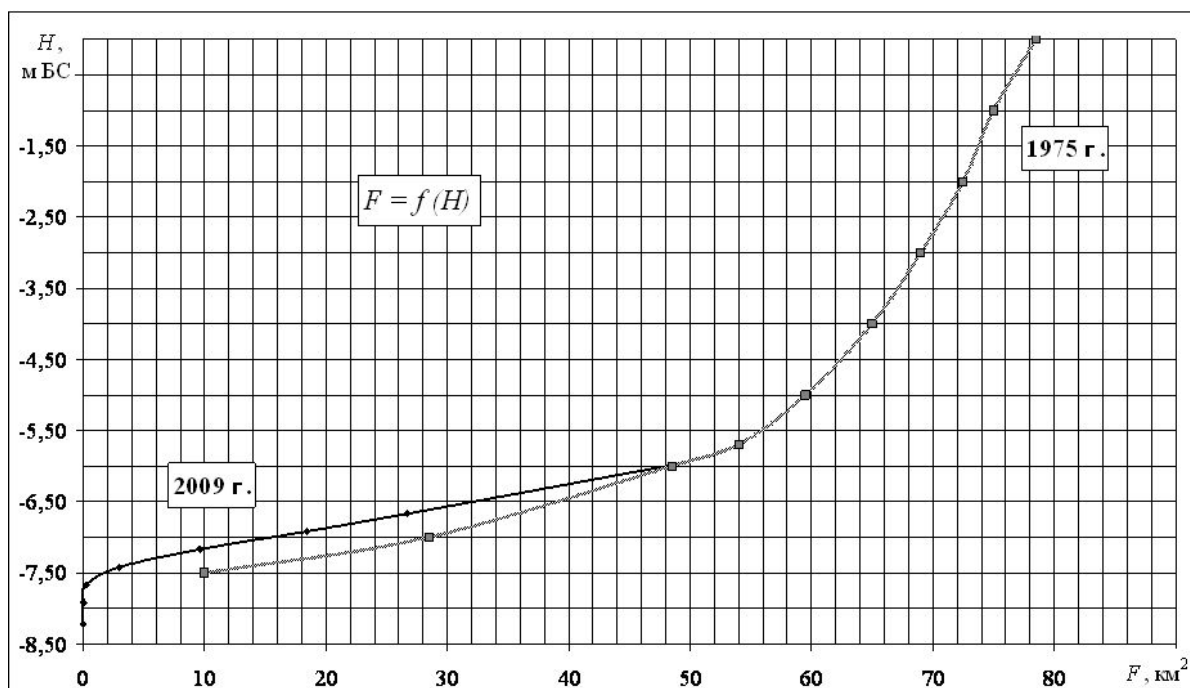


Рис. 5.3 – Кривые площадей $F = f(H)$ водной поверхности Куяльницкого лимана (по данным батиметрических съёмок в 1975 и 2009 гг.)

Сопоставляя эти кривые, можно видеть, что за счет заиливания и внутреннего перераспределения донных отложений, происходит постоянное уменьшение ёмкости лимана в области минимальных уровней воды. Так за период с 1975 по 2009 гг. объем Куяльницкого лимана за счет заиливания в области минимальных уровней воды (меньше минус 6,50 м БС) уменьшился на 13,0 млн. м³, т.е. средняя интенсивность уменьшения объема лимана за последние три десятилетия составляет 0,38 млн. м³/год.

Анализ стока р. Большой Куяльник за период с 1975 по 2009 гг. [17, 22, 24-29], который мог бы во время значительных паводков и половодий принести в лиман большое количество наносов, почти отсутствовал. Следовательно, приток наносов с речным и балочным стоком, а также их

смыв со склонов лимана во время ливневых осадков и в период весеннего снеготаяния не мог значительным образом повлиять на заиление лимана.

То есть уменьшение емкости лимана в области минимальных уровней воды (меньше минус 6,50 м БС) путем заиления чаши лимана могло происходить только за счет внутреннего перераспределения донных отложений, благодаря ветровым или другим циркуляциям в водоеме.

Вывод о заилении Куяльницкого лимана также косвенно подтверждает повышение солености рапы водоема при одинаковых уровнях воды, наблюдавшихся в течении последних 50 лет. Так, в 1962 г. уровню воды минус 6,50 м БС отвечала соленость 250 ‰, при том же уровне в 1995 г. – она уже была 272 ‰ [11], а в 2009 г. при уровне воды минус 6,42 м БС – соленость повысилась аж до 390 ‰ [4, 5].

Для вычисления объема атмосферных осадков V_{P_K} , которые выпадали на водную поверхность лимана в виде дождя или снега, были использованы данные наблюдений за годовыми суммами осадков P_O по метеостанции «Одесса – ГМО» [30]. Эта метеостанция была выбрана как опорная в связи с тем, что ряд наблюдений на ней, в том числе за атмосферными осадками, является почти непрерывным в течение 115 лет (за исключением 1904 и 1941-1944 гг.).

Для оценки временного хода атмосферных осадков и их количества за год (P_O , мм) по данным метеостанции «Одесса – ГМО» был построен хронологический график (рис. 5.4), из которого видно, что на протяжении всего периода наблюдений, т.е. с 1894 по 2008 гг., имеет место положительный линейный тренд, уравнение которого имеет вид

$$P_O = 1,51 \cdot n + 322, \quad (5.2)$$

где n – порядковый номер лет наблюдений, начиная с 1894 г.

Однако, метеостанция «Одесса – ГМО» расположена на расстоянии почти 10 км от лимана. Поэтому учеными ОГЭКУ и ОНУ им. И.И. Мечникова в предыдущих исследованиях этой проблемы [11 и др.] был установлен переходной коэффициент k от годовых сумм осадков по метеостанции «Одесса – ГМО» P_O к годовым суммам осадков на метеорологической площадке гидрологического поста «Одесса – лиман Куяльницкий» P_K , который равняется 0,94. В этом случае объем осадков V_{P_K} , млн. м³, которые выпадали на водную поверхность лимана, определяется таким образом

$$V_{P_K} = P_K \cdot F_{Hcp} \cdot 10^{-3} = k \cdot P_O \cdot F_{Hcp} \cdot 10^{-3} = 0,94 \cdot P_O \cdot F_{Hcp} \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

где V_{P_K} – объем атмосферных осадков за год, млн. м³;

P_K – годовая сумма осадков на метеорологической площадке гидрологического поста на лимане, мм;

P_O – годовая сумма осадков по метеостанции «Одесса – ГМО», мм;
 F_{Hcp} – среднегодовая площадь водного зеркала лимана, млн. м².

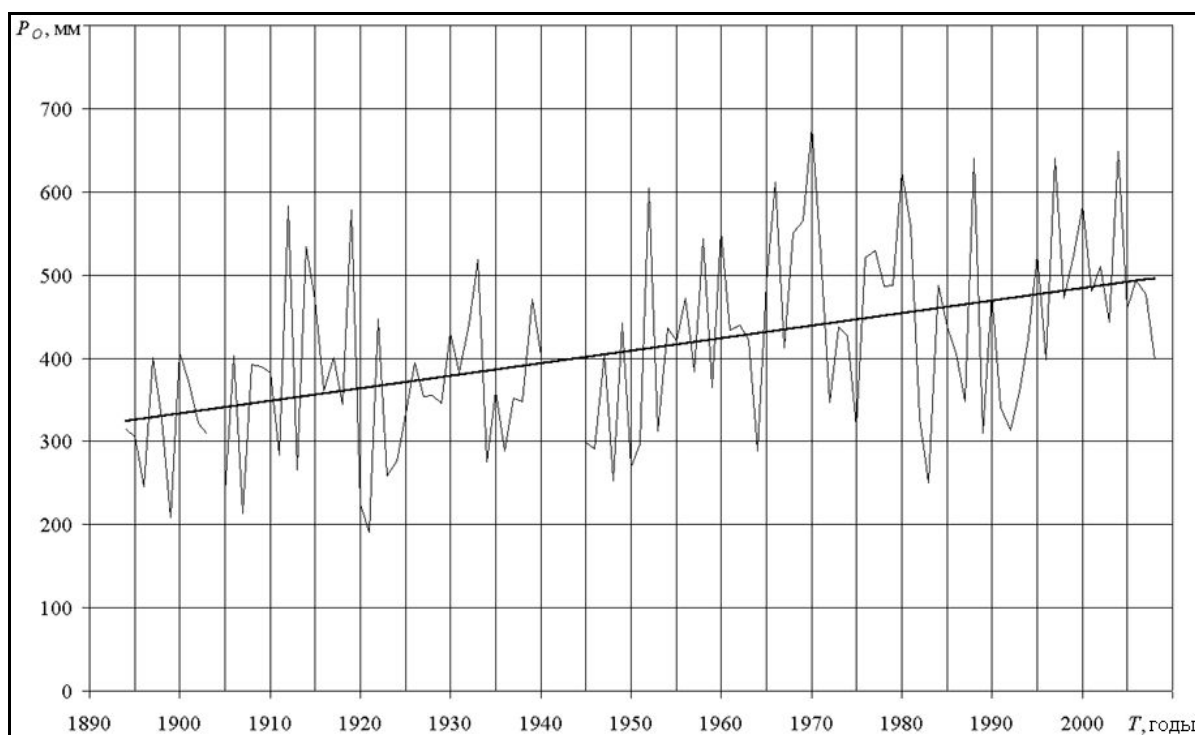


Рис. 5.4 – Многолетний ход годовых сумм атмосферных осадков по данным метеостанции «Одесса – ГМО» (за период с 1894 по 2008 гг.)

Определение F_{Hcp} выполнялось с использованием среднегодовых уровней воды H_{cp} и кривых площадей $F = f(H)$ водной поверхности лимана (рис. 5.3).

Естественный приток поверхностных вод $V_{ест}$ в Куяльницкий лиман является важной составляющей водного баланса. Основная часть поверхностного притока воды приходится на речной сток с водосборного бассейна (талые воды в период весеннего половодья, а в отдельные годы – и дождевые воды во время ливней летом) V_r . Общая площадь водосборного бассейна Куяльницкого лимана F составляет 2250 км², из них 1860 км² приходится на водосбор р. Большой Куяльник, которая впадает в северную (верхнюю) часть лимана.

Систематические наблюдения за стоком воды на водотоках бассейна Куяльницкого лимана (в том числе и р. Большой Куяльник) не осуществляются, поэтому одним из немногих методов определения естественного речного притока воды V_r в лиман является его расчет через модуль среднемноголетнего поверхностного стока воды $\bar{q}$. При этом в величине речного притока воды V_r в лиман учтен как объем склоновых и

поверхностных, так и подземных вод. В соответствии с нормативным документом СНиП 2.01.14-83 [31], среднегодовой модуль поверхностного стока $\bar{q}$ составляет 0,35 л/(с·км²), что равняется слою стока $\bar{Y} = 11,1$ мм.

С учетом этого годовые слои поверхностного стока Y_p можно определить по такой формуле:

$$Y_p = \bar{Y} \cdot k_p = 11,1 \cdot k_p, \quad (5.4)$$

где k_p – модульный коэффициент, который зависит от обеспеченности годовой суммы осадков P , %, определяемый при $C_v = 1,0$ и $C_s/C_v = 2,0$ (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Модульные коэффициенты k_p при разной обеспеченности P , %

P , %	0,5	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50
k_p	5,30	4,60	3,51	3,0	2,30	1,61	1,39	1,20	0,92	0,69
P , %	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	
k_p	0,51	0,36	0,29	0,22	0,11	0,051	0,030	0,010	0,005	

Годовой объем естественного притока речных вод $(V_r)_p$, млн. м³, с водосборного бассейна лимана определялся по уравнению

$$(V_r)_p = Y_p \cdot F \cdot 10^{-3} = 11,1 \cdot k_p \cdot 2250 \cdot 10^{-3} = 24,96 \cdot k_p. \quad (5.5)$$

Значения модульных коэффициентов k_p определялись в зависимости от обеспеченности годовой суммы осадков P , которая вычислялась с использованием эмпирической кривой обеспеченности годовых сумм осадков, построенной по данным метеостанции «Одесса – ГМО» за период с 1894 по 2008 гг. (рис. 5.5).

Некоторую часть в общей величине притока поверхностных вод в лиман составляют антропогенные стоки (сбросы) воды с озер пересыпи $V_{оз}$. В этих озерах, существующих с момента появления пересыпи, в результате выклинивания фильтрационного потока и выпадения атмосферных осадков постоянно накапливается некоторый объем воды.

До строительства объездной автодороги из озер шла естественная разгрузка воды в лиман в виде поверхностного и фильтрационного стока.

Величину поступления воды учесть невозможно, поскольку сток осуществлялся рассредоточено по всей ширине пересыпи, а его величина обуславливалась, главным образом, перепадом уровней воды в море и

лимане. Строительство дороги, которая стала своеобразной дамбой для поверхностного и фильтрационного потоков с пересыпи, повлекло увеличение объема воды в озерах. С этого же времени заметную роль в водном режиме озер играет сброс в них сточных вод, объем которых оценить невозможно из-за отсутствия их учета. Для отведения воды из озер пересыпи в юго-западную часть лимана был построен водовыпуск в виде бетонного лотка-канала с прямоугольным поперечным сечением и шириной по дну 1,20 м. Этот канал обрывался в 150-200 м от уреза воды лимана. На участке от устья лотка к лиману водный поток, действующий большую часть года, образовал русло с четко выраженными меандрами (шаг меандров около 20 м). На протяжении периода с 1986 по 1995 гг. учеными ОГМИ и ОГУ им. И.И. Мечникова осуществлялись наблюдения за сбросом воды в лиман по указанному каналу (лотку), в результате чего установлено, что величина сбросов носит сезонный характер: в осенний и зимне-весенний периоды, когда уровень воды в озерах наиболее высок, она – около $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$, а в летний период – снижается до $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$.

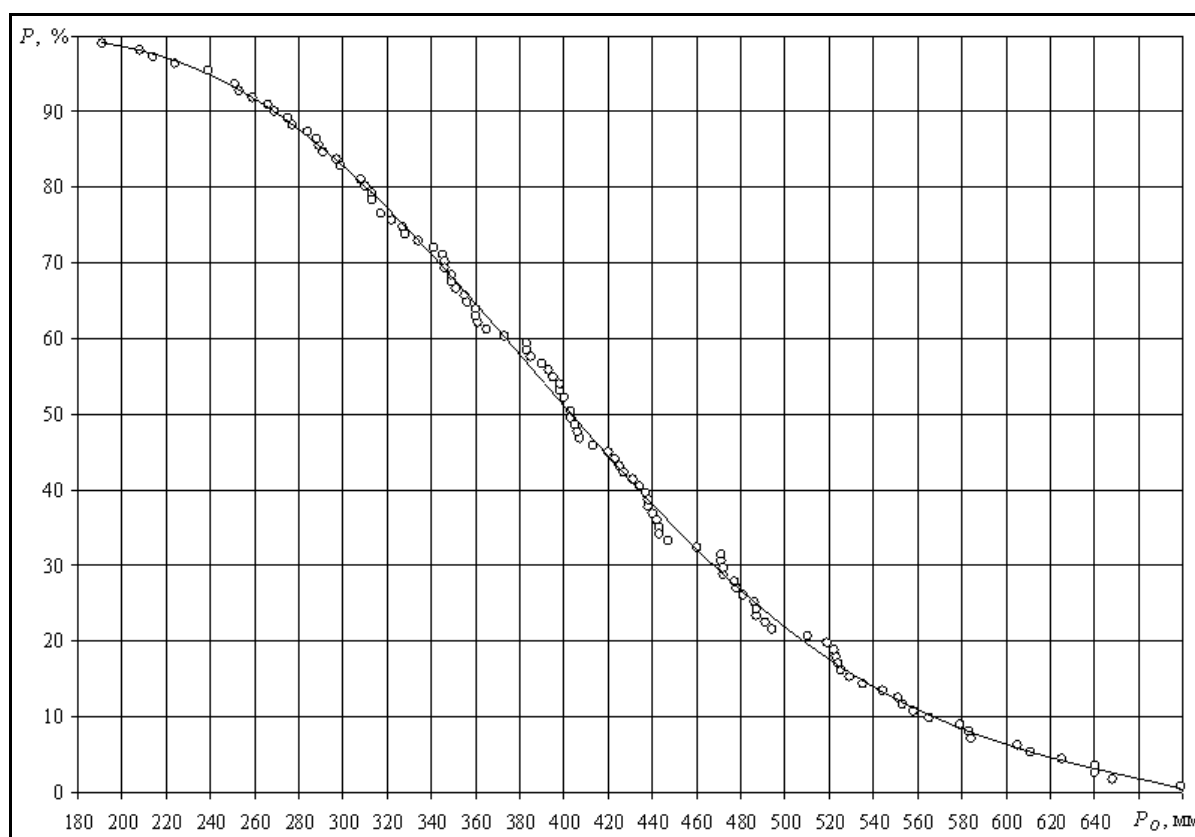


Рис. 5.5 – Эмпирическая кривая обеспеченности годовых сумм осадков по данным метеостанции «Одесса – ГМО» за период с 1894 по 2008 гг.

Оценить часть этих сбросов в водном балансе Куяльницкого лимана можно путем сравнения их величины с расходами воды р. Большой

Куяльник, измеренными в период весеннего половодья, например, в 1995 г., когда речной сток составлял $0,002 \text{ м}^3/\text{с}$. По некоторым литературным источникам объем этих сбросов в приходной части водного баланса лимана в отдельные годы может достигать 5 % [15, 19]. Таким образом, при расчетах годовых водных балансов Куяльницкого лимана были учтены сбросные воды из озер пересыпи в объеме $V_{оз} = 6,62 \text{ млн. м}^3$ [11].

Поступление морских вод в лиман за счет фильтрации морской воды через пересыпь почти отсутствует – 0,03-0,04 % от приходной части водного баланса лимана [6, 10, 11], и поэтому оно не учитывалось.

В бассейне р. Большой Куяльник и на других реках и балках, которые впадают в Куяльницкий лиман, как отмечалось выше, существует значительное количество прудов и водохранилищ – от 36 до 145 шт. [1, 10, 11, 32], с общим объемом при максимальном их наполнении $13,0 \text{ млн. м}^3$ и площадью водного зеркала $7,28 \text{ км}^2$ (в период с 1960 по 1965 гг.) и около $10,0 \text{ млн. м}^3$ и $3,50 \text{ км}^2$ – в 1985 г. По данным исследований ОГЭКУ в 2010 г. количество искусственных водоемов составило 135 шт., с общим объемом более $15,5 \text{ млн. м}^3$ и площадью водного зеркала около $6,5 \text{ км}^2$.

Каждый год весной и после значительных дождей все пруды и водохранилища наполняются водой и даже те, которые пересыхают летом и осенью, имеют глубину до 2,5 м и более. Многие из них в хозяйственной деятельности практически никак не используются. Большинство плотин искусственных водоемов в бассейне р. Большой Куяльник не имеют шлюзов, то есть сток воды через них происходит только после полного наполнения, при этом высота их дамб составляет от 3 до 5 м. Ранее эти искусственные водоемы были предназначены для обеспечения водой оросительных систем и рыбохозяйственных нужд.

С учетом объема этих прудов, водохранилищ и их сезонного наполнения, практически весь естественный поверхностный сток воды рек в бассейне лимана может задерживаться в этих водоемах. Только во время особенно высоких половодий и паводков вода, переливаясь через гребни дамб (плотин) или разрушая их, попадала в лиман, как например, в 1968-1969 и 2003-2004 гг.

Учитывая это, для расчета бытового поверхностного стока воды с водосборного бассейна лимана был введен так называемый коэффициент наполнения $k_{ИН}$ искусственных водоёмов (прудов, водохранилищ, спрямлённого русла реки на участках между шлюзами, стариц реки), который позволил учесть кратность их наполнения и общий объем аккумулированной в них воды $V_{ак}$ на протяжении расчетного года.

С учетом объемов аккумулированной в искусственных водоёмах воды $V_{ак}$ и объемов испарения с их водной поверхности $V_{Еув}$ были определены бытовые объемы поверхностного притока воды $V_{быт}$ в лиман.

Временной ход годовых объемов бытового $V_{быт}$ и естественного $V_{ест}$ притока воды в Куяльницкий лиман иллюстрируется рис. 5.6, из которого видно, что естественный приток речных вод в Куяльницкий лиман, при отсутствии в пределах водосбора р. Большой Куяльник и других водотоков искусственных водоёмов, составлял бы 35,6 млн. м³. С другой стороны, объём аккумулируемой в искусственных водоёмах воды составляет в среднем около 30,2 млн. м³, то есть в лиман поступало только 15,2 % речного стока, а в маловодные годы – вообще не поступало почти ничего.

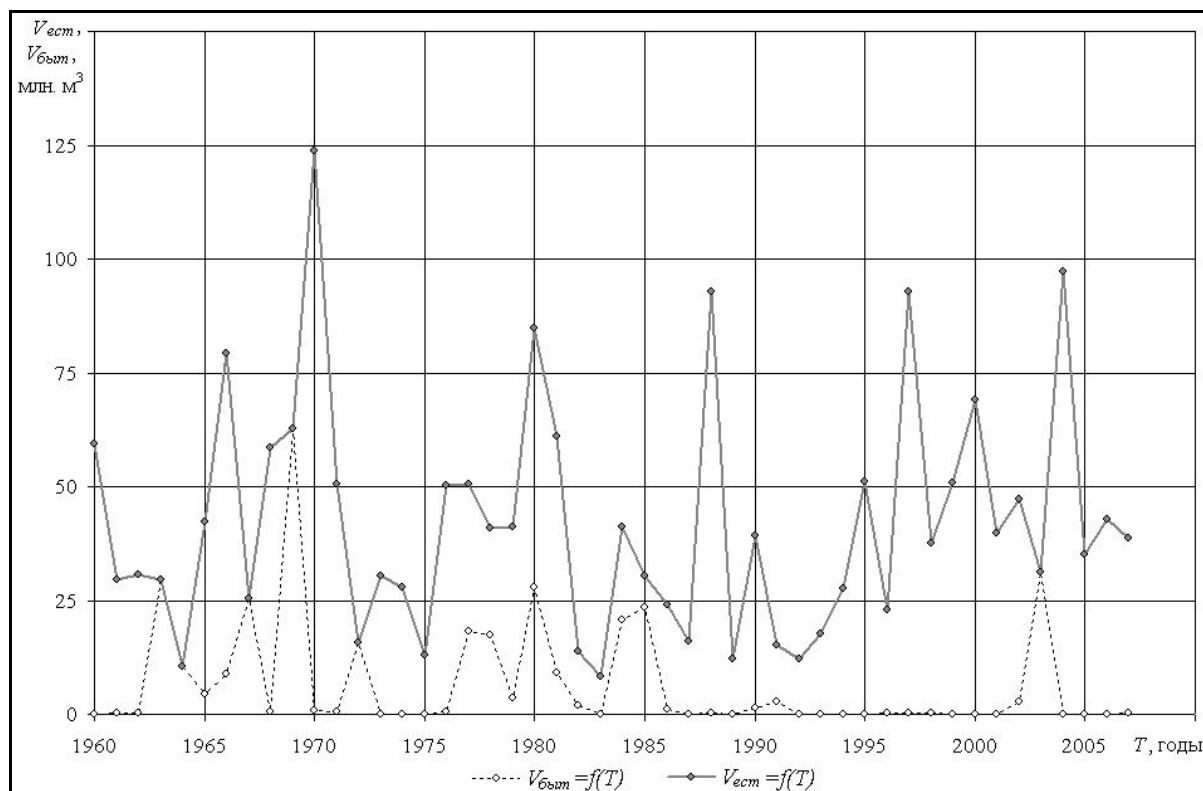


Рис. 5.6 – Многолетний ход годовых объемов бытового $V_{быт}$ и естественного $V_{ест}$ притока воды в Куяльницкий лиман (за период с 1960 по 2007 гг.)

Позитивным следует считать то, что в лиман поступали сбросные воды с озер пересыпи объемом до 6,62 млн. м³ ежегодно. Но и в этом случае бытовой приток воды ($V_{быт}$) составлял в среднем лишь 8,37 млн. м³ или 23,5 % от естественного речного стока.

Среднемесячные и среднегодовые величины испарения (E_B , мм) с водной поверхности Куяльницкого лимана и искусственных водоёмов в бассейне р. Большой Куяльник рассчитывались по данным метеостанции «Болград» на пресном озере Ялпуг за период с 1960 по 2007 гг. (рис. 5.7).

Среднемноголетние величины испарения приведены в табл. 5.2, из которой видно, что наибольшие значения испарения за месяц приходятся на летний сезон, а именно: в июне – 131,6 мм, в июле – 151,5 мм и в

августе – 139,8 мм. Средняя за период с 1960 по 2007 гг. годовая величина испарения по данным метеостанции «Болград» составляет 776,7 мм. Наибольшее годовое испарение наблюдалось в 1972 г. (рис. 5.7) и составляло 1151 мм, а наименьшее – в 1978 г. (645 мм).

Однако известно, что интенсивность испарения с поверхности солёных водоемов зависит от концентрации и состава солей [5, 33, 34].

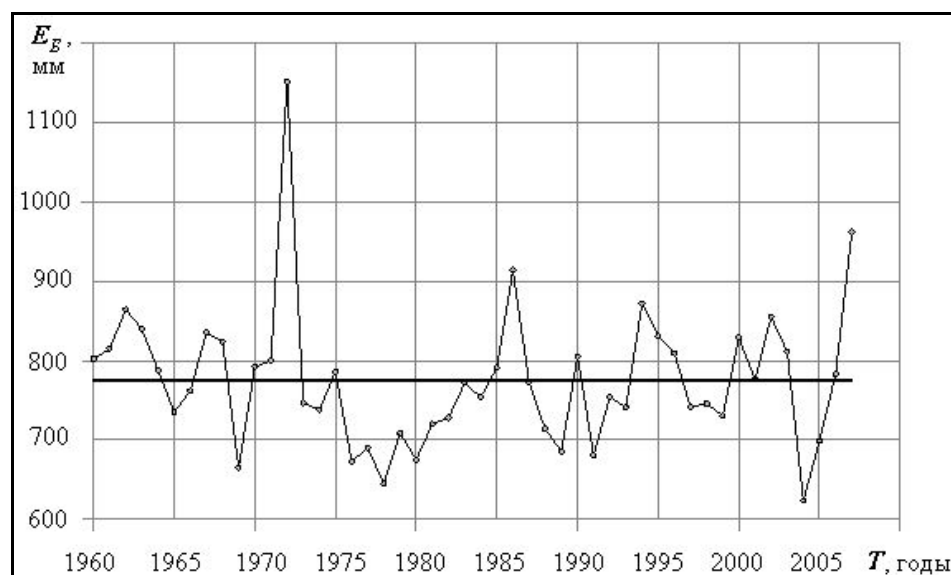


Рис. 5.7 – Многолетние изменения годовых величин испарения (E_B , мм) с поверхности оз. Ялпуг по данным метеостанции «Болград» за период с 1960 по 2007 гг.

Таблица 5.2 – Среднемноголетние месячные и годовая величины испарения (E_B , мм) с поверхности пресного озера Ялпуг (по данным метеостанции «Болград»)

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
E_B , мм	42,8	65,7	105,5	131,6	151,5	139,8	96,6	58,2	25,1	9,9	776,7

Для сравнения величин испарения рассола разной концентрации использованы коэффициенты испаряемости k_S , которые представляют собой отношение величин испарения с поверхности рассола той или другой концентрации к величине испарения с поверхности пресной воды. Он всегда меньше единицы и уменьшается с повышением солёности (S , ‰).

По результатам наблюдений на Сакских соляных промыслах Крымского полуострова была составлена таблица переходных коэффициентов для расчета величины испарения с поверхности солёных водоемов при минерализации от 90 до 330 ‰ [33]. Для диапазона 0-60 ‰ значения переходных коэффициентов представлены в работе С.М. Боброва (по материалам исследований на Каспийском море) [34]. В сводной табл.

5.3 приведены переходные коэффициенты для расчета величин испарения с поверхности солёных водоемов (в том числе Куяльницкого лимана) с разной солёностью воды. Среднегодовое испарение с водной поверхности Куяльницкого лимана (E_K , мм) при разной солёности воды (S , ‰) с учетом k_S , приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.3 – Переходные коэффициенты k_S для расчета испарения с поверхности солёных водоемов с разной солёностью воды S , ‰

S , ‰	0	10	20	40	60	90	180	260	300	330
k_S	1,00	0,97	0,93	0,87	0,82	0,84	0,66	0,46	0,40	0,28

Таблица 5.4 – Среднегодовые значения испарения с водной поверхности Куяльницкого лимана E_K , мм при разной солёности воды S , ‰

S , ‰	0	10	20	40	60	90	180	260	300	330
E_K , мм	776,7	753,0	722,0	676,0	637,0	655,0	510,0	355,0	311,0	220,0

Из табл. 5.4 видно, что годовое испарение может изменяться от 776,7 мм – для пресной воды, до 220,0 мм – при солёности воды около 330 ‰.

Таким образом, в среднем за период с 1960 по 2007 гг. испарение с поверхности пресного водоема (оз. Ялпуг) составило 776,7 мм, при максимальном – 1151 мм (в 1972 г.) и минимальном – 624 мм (в 2004 г.). В то же время, расчетное испарение из солёного Куяльницкого лимана, при средней солёности воды около 128 ‰, было только 561 мм, при максимальном – 994 мм (в 1972 г.) и минимальном – 364 мм (в 1996 г.). Соотношение между величинами испарения с поверхности оз. Ялпуг и лим. Куяльник в среднем за период с 1960 по 2007 гг. составляет 0,73, при максимальном – 0,87 (1969 и 1970 гг.), а наименьшем – 0,45 (в 1996 г.).

Динамика k_S во времени иллюстрируется рис. 5.8. В начале 60-х годов XX-го столетия значения k_S находились на достаточно низком уровне (приблизительно 0,50), который объясняется отсутствием масштабных мероприятий по регулированию поверхностного стока в бассейне лимана (в том числе – р. Большой Куяльник) и наличием маловодных лет.

После этого наступил многоводный период, который отмечался повышенными осадками и поверхностным притоком. Наблюдается значительное «опреснение» лимана (до 55 ‰ – в 1970 г.) и рост k_S – до 0,86-0,87. Маловодные годы после 1972 г. опять повлекли снижение k_S , хотя и кратковременное.

В период с 1980 по 1992 гг. годовые осадки колебались в значительных пределах. Хотя эти колебания происходили в целом на уровне среднегодовых величин осадков, но с 1992 по 1996 гг. их

уменьшение, в сочетании с увеличением испарения, привели к снижению k_S (до 0,45).

Затем, вслед за тенденцией роста осадков (до 2004 г.), наблюдается и рост k_S – до 0,78 (в 2004 г.). Уменьшение годовых осадков и особенно зимних, начиная с 2005 г., привело к снижению k_S .

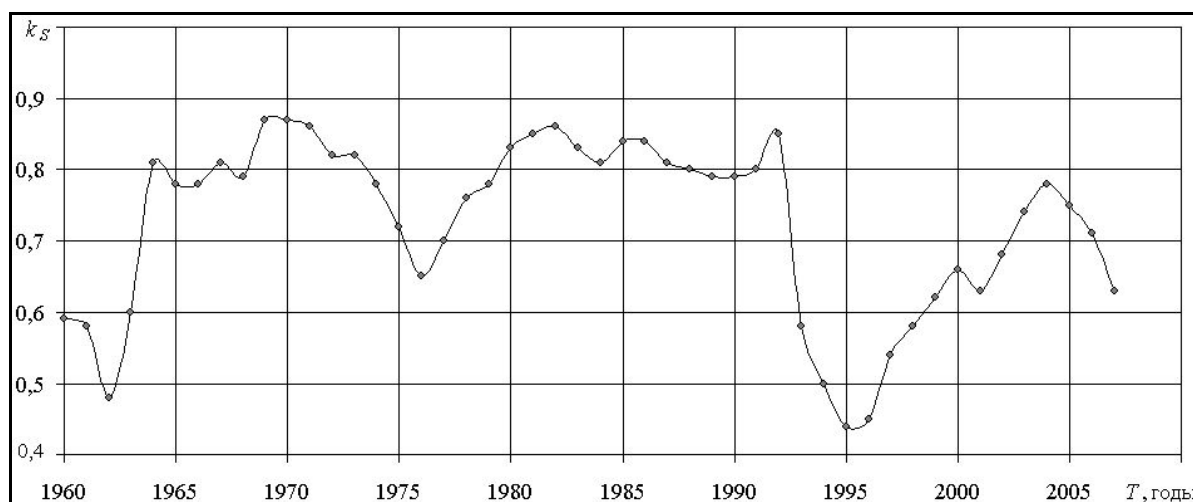


Рис. 5.8 – Временная изменчивость коэффициентов $k_S = E_K / E_B$ за период с 1960 по 2007 гг.

Результаты расчета составляющих годовых водных балансов Куяльницкого лимана и невязок расчетов с 1960 по 2007 гг. [5, 7] свидетельствуют о том, что в среднем приходная часть водного баланса лимана, в которую входят поступление осадков на водную поверхность (V_{PK}) и бытовой приток воды к лиману ($V_{быт}$), составляет 29,7 млн. м³. При этом испарение с водной поверхности Куяльницкого лимана ($V_{ЕК}$) достигает за тот же промежуток времени (1960-2007 гг.) 30,5 млн. м³.

В итоге, при условиях регулирования поверхностного притока на водосборном бассейне Куяльницкого лимана, приходная часть в период 1960-2007 гг. была меньше расходной приблизительно на 0,80 млн. м³. Сама по себе эта разница небольшая, но в отдельные периоды она является существенной, что приводит к значительному снижению уровней воды в лимане и росту солёности в нем, в частности, как это имело место в 2009 г.

Анализ многолетних значений составляющих годовых водных балансов лимана за период с 1960 по 2007 гг. также можно выполнить с помощью комплексного графика, на котором приведены данные об изменениях годовых объемов атмосферных осадков, бытового притока поверхностных вод с бассейна и испарения с водной поверхности Куяльницкого лимана (рис. 5.9). Особенностью комплексного графика является то, что он свидетельствует о превышении объема испарения над объемом осадков почти во все годы (кроме 1960, 1976, 1977, 1980, 1988,

1997, 1999 и 2004 гг.). На этом графике также можно видеть, что годовые объемы испарения во все годы превышают объемы бытового притока воды с бассейна лимана, кроме 1969 г., который приходится на середину многоводного периода, имевшего место с 1965 по 1971 гг.

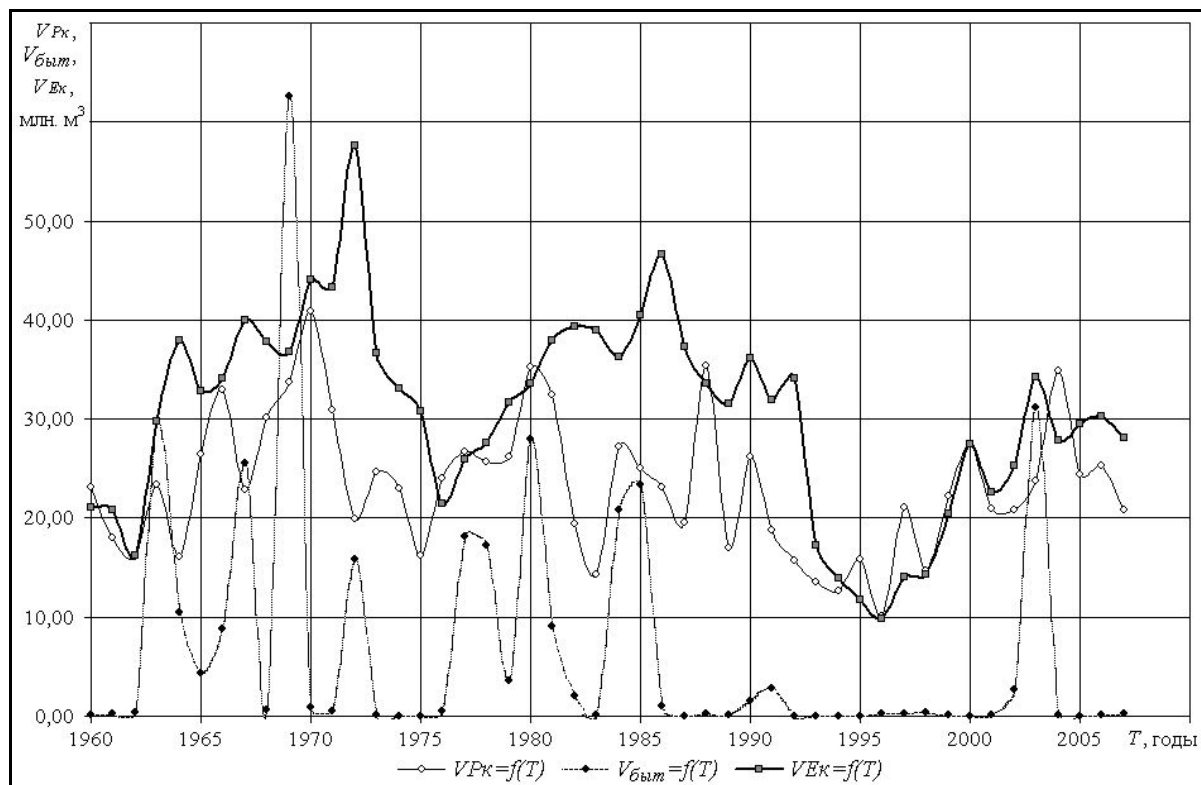


Рис. 5.9 – Многолетний ход составляющих годовых водных балансов Куяльницкого лимана за период с 1960 по 2007 гг. [5, 7]

Абсолютное значение невязки, полученное при расчетах годовых водных балансов Куяльницкого лимана в среднем равняется 0,32 млн. м³ или менее 1 см, то есть находится в пределах точности измерения уровня воды на водомерном посту.

Величина почти всех невязок за период с 1960 по 2007 гг. (кроме аномальных по водности 1963, 1992, 2003 и 2007 гг.) колеблется от минус 40 до 40 см. При этом следует обратить внимание на то, что их величина во многом зависит от степени надежности использованных данных по атмосферным осадкам, которые взяты по метеостанции «Одесса – ГМО», причем не только для лимана, но и его водосбора площадью 2250 км². Кроме того, не совсем удачным является местоположение водомерного поста на Куяльницком лимане, который находится в нижней части водоема (непосредственно у правого берега) и не отображает средний уровень воды в лимане при всех румбах направления ветра, колебания которого во время сгонно-нагонных явлениях достигают 40 см и более.

Фактические H_{ϕ} и возможные естественные $H_{ест}$ уровни воды в Куяльницком лимане с 1960 по 2007 гг. (при отсутствии регулирования поверхностного притока воды в бассейне и условии, что лиман был бы безсточным водоемом), приведены на рис. 5.10.

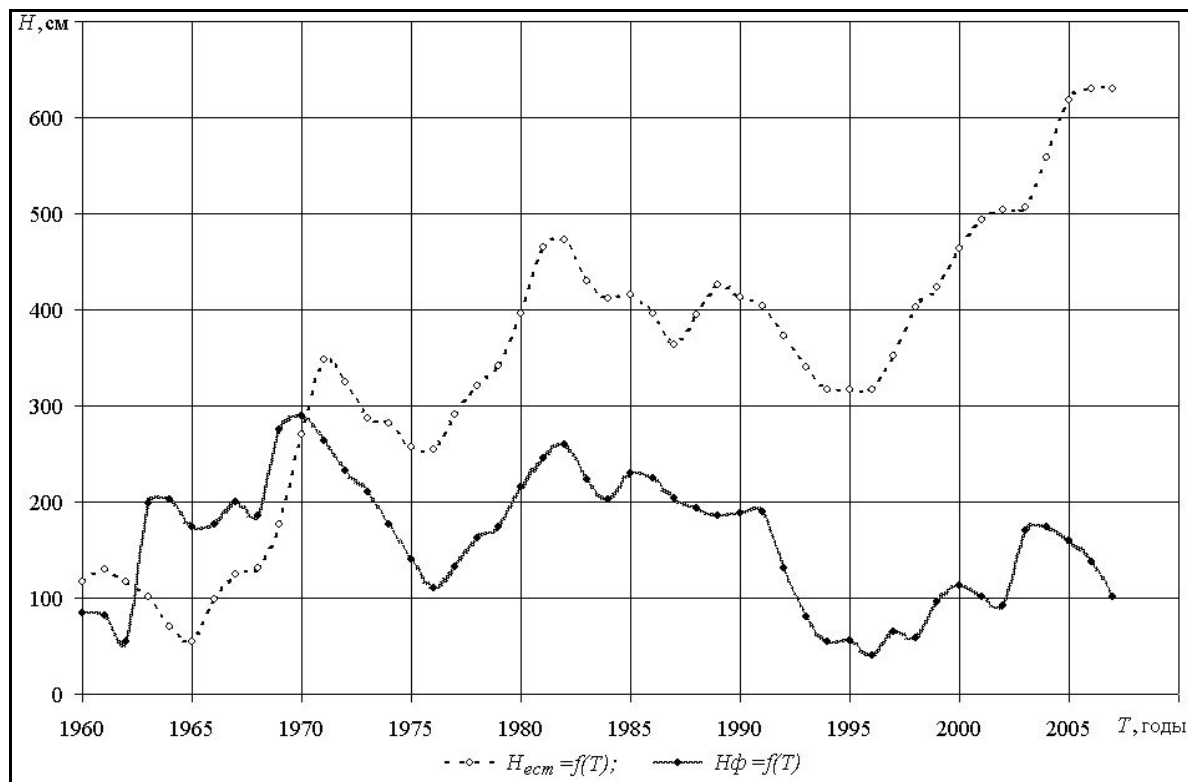


Рис. 5.10 – Временной ход фактических H_{ϕ} и возможных естественных $H_{ест}$ уровней воды Куяльницкого лимана за период с 1960 по 2007 гг. [5, 7] (уровни воды указаны в см над «0» графика водпоста – минус 7,06 м БС)

Сравнивая ход фактических H_{ϕ} и возможных естественных $H_{ест}$ уровней воды, можно видеть, что в условиях отсутствия регулирования поверхностного притока воды на водосборном бассейне лимана, величина $H_{ест}$ в течение почти всего расчётного периода (1960-2007 гг.) превышает H_{ϕ} в среднем на 180 см, а среднегодовой уровень воды в 2007 г. мог бы быть около 630 см (при указанных выше условиях) или минус 0,75 м БС, то есть меньше отметки поверхности воды в Одесском заливе Черного моря приблизительно на 0,3 м. С учетом этого, для поддержки водного и солевого режима Куяльницкого лимана можно рекомендовать вариант упорядочивания регулирования («перехвата») поверхностного притока воды в бассейне водоема. В качестве альтернативы может быть рассмотрен вариант восстановления связи с морем через искусственный канал в пересыпи либо посредством трубопровода с подкачкой морской воды в лиман. Однако следует учитывать, что при современных условиях водообмена это может приводить к дальнейшему накоплению солей в

лимане. Кроме того, практическая реализация «морского» варианта реабилитации Куяльницкого лимана затруднена тем, что в пределах пересыпи, отделяющей лиман от моря, находятся рекреационная, жилая и промышленная зоны г.Одессы, по ней проходят важные транспортные магистрали.

При регулировании водного и солевого режимов реки Большой Куяльник и Куяльницкого лимана необходимо учитывать, что нижний, благоприятный для лечебных целей, предел солености воды лимана составляет 100 ‰, а верхний – 200 ‰. Кроме того, известно, что при солености больше 250 ‰ все специфические организмы, которые живут в соленой рапе лимана, погибают, а образование лечебной грязи прекращается. Обеспеченность уровней воды в лимане, при которых соленость будет меньше 200 ‰, составляет всего 25 %, а обеспеченность уровней, когда соленость будет 250 ‰, около 92 %. Соленость рапы Куяльницкого лимана тесно связана с уровнем воды в водоёме (см. рис. 1.5). Зависимость между ними аппроксимируется уравнением

$$H = 82,2 \cdot S^{-0,86}, \quad (5.6)$$

где S – соленость рапы лимана, ‰;

H – уровень воды на водомерном посту лимана, м.

По этому уравнению можно вычислять уровни наполнения Куяльницкого лимана необходимые для достижения нужной солености рапы. Далее, с учетом объема испарения с водной поверхности лимана за год (в среднем около 460 мм) и с использованием кривой объемов воды лимана в начале каждого года, можно определить какой объем стока весеннего половодья р. Большой Куяльник необходимо пропустить в лиман для поддержки на протяжении года уровней воды, при которых соленость будет соответствовать рекреационным и бальнеологическим требованиям, а жизнь в водоеме и сохранение лечебной грязи не будут под угрозой.

Выводы. Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Установлено, что за период с 1975 по 2009 гг. объем Куяльницкого лимана за счет заиления и внутреннего перераспределения донных отложений в области минимальных уровней (меньше минус 6,50 м БС), уменьшился на 13,0 млн. м³, т.е. средняя интенсивность уменьшения объема лимана за последние три десятилетия составляет 0,38 млн. м³/год.

2. Приходная часть водного баланса Куяльницкого лимана формируется за счет атмосферных осадков V_{pk} , которые выпадают на водную поверхность лимана в виде дождя или снега, и воды $V_{бит}$, которая поступает с речным (поверхностным и подземным) стоком V_r и

сбрасывается с озёр пересыпи $V_{оз}$. Расходная часть водного баланса лимана формируется только за счет испарения с водной поверхности водоема $V_{ЕК}$.

3. В бассейне р. Большой Куяльник и на других водотоках, которые впадают в Куяльницкий лиман, находится значительное количество искусственных водоёмов (прудов, водохранилищ, плотин, шлюзов и др.) – от 36 до 145 шт., с общим максимальным объемом наполнения 13,0 млн. м³ и площадью водного зеркала 7,28 км² (в период с 1960 по 1965 гг.), около 10,0 млн. м³ и 3,50 км² – в 1985 г. По данным исследований ОГЭКУ, проведённых в 2010 г., количество искусственных водоемов составило около 135 шт., с общим объемом более 15,5 млн. м³ и площадью водного зеркала около 6,5 км². В среднем естественный годовой приток речных вод в лиман V_r , при отсутствии его регулирования на водосборе р. Большой Куяльник и других водотоках составлял бы 35,6 млн. м³. С другой стороны, аккумуляция воды в искусственных водоёмах составляет в среднем 30,2 млн. м³, то есть в лиман поступает лишь 15,2 % речного стока, а в отдельные годы (преимущественно маловодные) – почти ничего. Позитивным следует считать то, что в лиман поступают сбросные воды с озёр пересыпи объемом до 6,62 млн. м³ ежегодно, но и в этом случае бытовой поверхностный приток воды $V_{быт}$ составляет лишь 8,37 млн. м³ или 23,5 % – от естественного (незарегулированного).

4. Испарение с водной поверхности Куяльницкого лимана (при средней солёности – 128 ‰) в среднем за 1960-2007 гг. составило 561 мм, при максимуме 994 мм (в 1972 г.) и минимуме – 364 мм (в 1996 г.). Соотношение между испарением с поверхности пресного озера Ялпуг и соленого лимана Куяльник в среднем за 1960-2007 гг. равнялось 0,73, при максимальном – 0,87 (1969 и 1970 гг.) и наименьшем – 0,45 (в 1996 г.).

5. Приходная часть водного баланса Куяльницкого лимана, к которой относятся поступление осадков на его водную поверхность ($V_{Рк}$) и бытовой приток воды в лиман ($V_{быт}$) за период с 1960 по 2007 гг. в среднем составляет 29,7 млн. м³. Испарение с водной поверхности лимана ($V_{ЕК}$) достигает за этот же период 30,5 млн. м³. То есть при условии таких водохозяйственных преобразований на водосборном бассейне Куяльницкого лимана приходная часть водного баланса водоема в период 1960-2007 гг. была меньше расходной приблизительно на 0,80 млн. м³. Сама по себе эта разница небольшая, но в отдельные периоды она является существенной, что приводит к значительному снижению уровней воды в лимане и росту солёности, в частности, как это имело место в 2009 г.

6. Особенностью водного баланса Куяльницкого лимана почти во все годы (за период с 1960 по 2007 гг.) является превышение объема испарения над объемом осадков (кроме 1960, 1976, 1977, 1980, 1988, 1997, 1999 и 2004 гг.). Также годовые объемы испарения во все годы превышают объемы бытового притока воды в лиман, кроме 1969 г., который приходится на середину многоводного периода (с 1965 по 1971 гг.).

7. Абсолютное значение невязок, полученных при расчетах годовых водных балансов Куяльницкого лимана, в среднем равняется $0,32 \text{ млн. м}^3$, что отвечает величине уровня воды менее 1 см (то есть находится в пределах точности измерения уровня воды на водомерном посту). При этом следует обратить внимание на то, что их величина во многом зависит от степени надежности использованных данных по атмосферным осадкам, которые взяты по метеостанции «Одесса – ГМО», причем не только для лимана, но и его водосбора площадью 2250 км^2 . Кроме того, не совсем удачным является местоположение водомерного поста на Куяльницком лимане, потому что он находится в нижней части водоема (непосредственно у правого берега), и не отображает средний уровень воды в лимане при всех румбах направления ветра, колебания которого при сгонно-нагонных явлениях могут достигать 40 см и более.

8. Сравнивая ход фактических H_{ϕ} и возможных естественных $H_{ест}$ уровней воды, можно видеть, что при условии отсутствия регулирования поверхностного притока воды на водосборном бассейне лимана, величина $H_{ест}$ в течение почти всего расчётного периода (1960-2007 гг.) превышает H_{ϕ} в среднем на 180 см., а среднегодовой уровень воды в 2007 г. мог бы быть около 630 см (при указанных выше условиях) или минус 0,75 м БС, то есть меньше отметки уровня воды в Одесском заливе Черного моря приблизительно на 0,3 м.

9. Для поддержки водного и солевого режимов Куяльницкого лимана можно рекомендовать вариант упорядочивания регулирования («перехвата») поверхностного притока воды на бассейне водоема. Вариант соединения лимана и Черного моря каналом или трубопроводом нуждается в отдельном изучении и обосновании, поскольку при этом может происходить дальнейшее накопление солей в лимане. Необходимо оценить практическую возможность реализации этого варианта в современных условиях. Кроме того, необходимо принять во внимание, что прибрежные морские воды могут содержать повышенные концентрации загрязняющих веществ, например, нефтепродуктов.

10. Для стабилизации и улучшения гидроэкологического состояния, водного и солевого режимов Куяльницкого лимана рекомендуется реализация следующих мероприятий:

а) обустроить шлюзами или ликвидировать те пруды (дамбы), которые не используются в хозяйственной деятельности, но наполняются весной и пересыхают летом, тем самым препятствуя свободному стоку воды в Куяльницкий лиман;

б) для обеспечения санитарного стока воды ниже дамб водоемов в русле р. Большой Куяльник, а также поддержания оптимальных уровней воды и солености рапы Куяльницкого лимана следует определить максимальные уровни наполнения и режим работы тех прудов и водохранилищ, которые на протяжении года не пересыхают и

используются на законных основаниях;

в) расчистить спрямлённое русло или восстановить старое меандрирующее русло р. Большой Куяльник для обеспечения свободного поступления её стока в Куяльницкий лиман.

г) реализовать строгое нормирование водопользования на водосборном бассейне р. Большой Куяльник и Куяльницкого лимана, на основе прогнозных оценок интенсивности весеннего половодья и водности года.

- 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., Медведева 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

- Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. – 2009. – № 2 (10). – С. 186-193.
9. *Гриб О.М., Гопченко Є.Д., Ступак І.О.* Про оптимізацію рівнів і солоності води в Куяльницькому лимані // Тези доп. та вист. Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Екологія міст та рекреаційних зон» (м. Одеса, 3-4 червня 2010 р.) / За заг. ред. В. М. Небрата. – Одеса: Інформаційно-інноваційний центр «ІНВАЦ», 2010. – С. 75-78.
 10. *Отчет* по изучению водного баланса Куяльницкого лимана. – Одесса, ОГМИ, 1965. – 150 с.
 11. *Геоэкологический* анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчёт о НИР. Од. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. – Одесса, 1995. – 190 с.
 12. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
 13. *Лиманы* Северного Причерноморья / Полищук В.С., Замриборщ Ф.С., Тимченко В.М. и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 204 с.
 14. *Гопченко Е.Д., Романчук М.Е., Казанкова Т.В.* К оценке притока поверхностных вод в Хаджибейский и Куяльницкий лиманы // Тезисы международного симпозиума. – Одесса, 1996. – С. 132.
 15. *Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовский В.В., Бабинец С.К., Чурсина О.Д.* Современное гидроэкологическое состояние Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье) // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата – Одеса: «ІНВАЦ», 2009. – С. 247-249.
 16. *Адобовский В.В., Шихалеева Г.Н., Шурова Н.М.* Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Вып. 1 (6). – Севастополь, 2002. – С. 71-82.
 17. *Лобода Н.С., Гриб О.М., Сіренко А.М.* Оцінка припливу прісних вод до Куяльницького лиману // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Вип. 1 (22). – С. 51-59.
 18. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М., Белов В.В.* Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення перспектив поліпшення його екологічного стану // Матеріали III всеукраїнської науково-практичної конференції «Географія та екологія: наука і освіта», 15-16 квітня 2010 р. – Умань: Видавець «Сочінський», 2010. – С. 39-42.
 19. *Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабинец С.К., Кирюшкина А.Н.* Экологическое состояние природной среды лиманно-морского курортного комплекса «Куяльник-Лузановка» и водной экосистемы Куяльницкого лимана. Перспективы развития // Матер. всеукр. наук.-практ. конф. «Екол. міст та рекреац. зон». – 2009. – С. 216-221.

20. Гопченко Є.Д., Гриб О.М. Оптимізація рівнів і солоності води Куяльницького лиману в умовах водогосподарських перетворень на його басейні // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2010. – № 3 (44) – С. 50-53.
21. Техническое дело гидрологического поста Одесса на водном объекте лиман Куяльницкий. – Одесса: Гидрометцентр Чорного и Азовского морей, 2008. – 20 с.
22. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 1936-2007 гг. – Ч. 1 и 2. – Том 2. – Вып. 1. – 1938-2008.
23. Супутникові знімки та карти поверхні Землі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://maps.google.com>.
24. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях) : Монография. – Київ: КНТ. – 2005. – 188 с.
25. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
26. Молдаванов А.И. Заиление прудов и водохранилищ в степных районах. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 128 с.
27. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Гриб О.Н. Оценка состояния водохранилищ и оптимизация управления водными ресурсами в бассейне Куяльницкого лимана // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Тр. междунар. науч.-практ. конф. Т. III: Управление водными ресурсами речных водосборов. / Пермь: ПГУ. – 2011. – С. 46-50.
28. Гриб О.М., Гриб К.О. Некоторые особенности эколого-гидрохимических показателей поверхностных вод в бассейне реки Большой Куяльник // Тезисы VII Международной науч.-практ. конф. мол. уч. по пробл. водных экосистем «Pontus Euxinus – 2011», посв. 140-летию ИБЮМ НАН Украины (24-27 мая 2011 г.) – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 83-84.
29. Стан гідрографічної мережі річки Великий Куяльник в умовах водогосподарських перетворень на її водозбірному басейні: Звіт з НДР. Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2011. – 165 с.
30. Суточные данные по температуре воздуха и осадкам [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cliware.ru>.
31. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
32. Паспорт реки Большой Куяльник. – Одесса: Госкомводхоз Украины, 1992. – 130 с.
33. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Крым. – Т. 6. – Вып. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 347 с.

34. Бобров С.Н. К вопросу об испарении морской воды в зависимости от её солёности // Труды института океан. – Т. XXXVII. – 1960. – 183 с.

К главе 6

1. *Природа Одесской области. Ресурсы, их рациональное использование и охрана.* К. – Одесса, «Вища школа», 1979. – 143 с.
2. *Лиманы Северного Причерноморья* / В.С.Полищук, Ф.С.Замбриборщ, В.М.Тимченко и др.; отв. ред. О.Г.Миронов; АН УССР. Ин-т гидробиологии. – К.: Наукова думка, 1990. – 204 с.
3. *Старушенко Л.И., Бушуев С.Г.* Причерноморские лиманы Одешины и их рыбохозяйственное использование. ОФНБЮМ: Одесса, Астропринт.-2001. – 65 с.
4. *Тимченко В. М.* Эколого-гидрологические исследования северо-западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
5. *Швебс Г.І., Ігошин М.І.* Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
6. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М.* Сучасні морфометричні характеристики Куяльницького лиману // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. – 2009. – № 2 (10) – С.186-193.
7. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.1. Западная Украина и Молдавия* / Под ред. М.С.Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 884 с.
8. *Клімат України* / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. - 343 с.
9. *Адобовский В.В., Губанов У.В, Адобовская М.В.* К проблеме деградации и реконструкции закрытых лиманов северо-западного Причерноморья // География и природные ресурсы // Науч. журнал. № 3 - 2000. - С.63 - 66.
10. *Александров Н.* Возрождение Хаджибея / «Среда обитания».- Науч. журнал. - 2005. - С.10 - 11.
11. *Калмыков В.* Хаджибей не должен быть опасным / рубрика «Возвращаясь к напечатанному» г-ты «Вечерняя Одесса», февраль 1996 г.
12. *Водный режим Хаджибейского лимана и мероприятия по его регулированию* / Исаков М.И., Сирота Б.Я., Решетников Н.Ф., Решетинский Н.Н. / Одесская региональная Академия наук (ОРАН), Украина. – С.153-157.
13. *Гопченко Є.Д., Шакірзанова Ж.Р.* Довгострокове прогнозування водності Хаджибейського лиману та оцінка його наповнення поверхневими водами у весняний період року // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная