

УДК 910.3:556.536(477.75)

А. Н. Олиферов[✉]
З. В.Тимченко

Экогеодинамика водных ресурсов Крыма

Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского,
г. Симферополь

Аннотация. Рассмотрена экогеодинамика водных ресурсов Крыма за 11 лет. Общий водозабор снизился в два раза, а потери при транспортировке возросли. Экологическое состояние рек ухудшилось – из 31 реки только 13 оцениваются как устойчивые для водоснабжения. Увеличилось количество антропогенных наводнений и селевых паводков. Водоохранилища задерживают воду, что требует экологических попусков.

Ключевые слова: экогеодинамика, водные ресурсы, экология рек, антропогенные наводнения, селевые потоки.

Экогеодинамика водных ресурсов занимается изучением изменения водного и химического режимов водных объектов в результате хозяйственных преобразований и загрязнений ландшафтов водосбора, руслового регулирования рек, водозаборов и сбросов в речную систему [16,17]. Гидрологические последствия антропогенного нарушения стока, выражающиеся в освоении территорий, и руслового регулирования диаметрально противоположны. Освоение человеком ландшафтов бассейнов ведёт преимущественно к усилению экологически неблагоприятных особенностей стока, в то время как регулирование в руслах теоретически должно ослаблять разнообразие негативных процессов формирования стока. Однако, основные виды хозяйственной деятельности в речных бассейнах усиливают обе эти неблагоприятные черты, присущие незарегулированному стоку: амплитуду колебаний расходов воды в реке и связанную с ними изменчивость показателя качества воды. Урбанизация территории и вырубка лесов ведут к росту расходов воды в реках Крыма в зимне-весенний паводочный период в Крыму и снижению их в летне-осеннюю межень (особенно ярко последнее проявляется в маловодные годы). Таким образом, антропогенное воздействие на формирование стока увеличивает опасность наводнений, усиливает склоновую, овражную и русловую эрозию. Последнее увеличивает мутность воды, чем ухудшает световые условия развития речных биоценозов, затрудняет водопод-

готовку питьевой воды на водопроводных станциях. Если загрязнение речной воды органическими и минеральными веществами из-за снижения закупок ядохимикатов и удобрений несколько уменьшилось, то загрязнения, поступающие с селитебных территорий, остались на прежнем уровне и даже увеличились. Как известно, дождевые паводки нарушают структуру речных биоценозов, а восстановление планктона после паводка наблюдается через 10 суток. Снижение стока под влиянием хозяйственной деятельности (забор воды) способствует увеличению минерализации и жёсткости воды, уменьшению разбавления загрязнений, поступающих в водные объекты.

Проследим динамику антропогенного воздействия на водные ресурсы Крыма за последние одиннадцать лет, с 1990 по 2000 год [11].

На рис. 1 показано изменение по годам общего водозабора. В 1990 г. общий водозабор составил 3909,09 млн. м³. Видно, что общий водозабор уменьшался и к 2000 г. снизился примерно в два раза. Вместе с тем, отсутствует чёткая тенденция уменьшения водозабора речных и подземных вод, и только в последние три года величина этого водозабора снизилась примерно на 30%. Уменьшение общего водозабора произошло за счёт СКК. Доля СКК в общем водозаборе находилась примерно на уровне 80% (рис.2).

Снижение общего водозабора по годам при сохранении забора речных и подземных вод привело к росту удельного по-

[✉] Корреспонденция принимается по адресу: Географический факультет. Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского. Пр-кт Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007.

требления подземных и речных вод. Из рис. 2 следует, что, если в 1990 г. подземные и речные воды составляли 17,32% от вод СКК, то в 2000 г. – 29%, а в 1997 и 1998 гг. достигали 40%. Это характеризует значительное увеличение антропогенной нагрузки на природные воды Крыма.

Динамика общего водопотребления вызвана снижением использования воды на орошение, примерно в 2,8 раза (рис. 3), на хозяйственно-бытовые нужды в 1,5 раза; на промышленные нужды в 2,8 раза,

сельскохозяйственное водоснабжение – примерно в 2 раза (рис. 3, 4).

К сожалению, возросли потери воды при транспортировке в период 1998 – 2000 г. с 23% до 38% (рис. 5). Естественно, что эти потери, связанные с фильтрацией вод, приводят к заболачиванию, подтоплению и засолению земель, ухудшая экологическое состояние региона. Не улучшилось состояние дел с очисткой сточных вод.

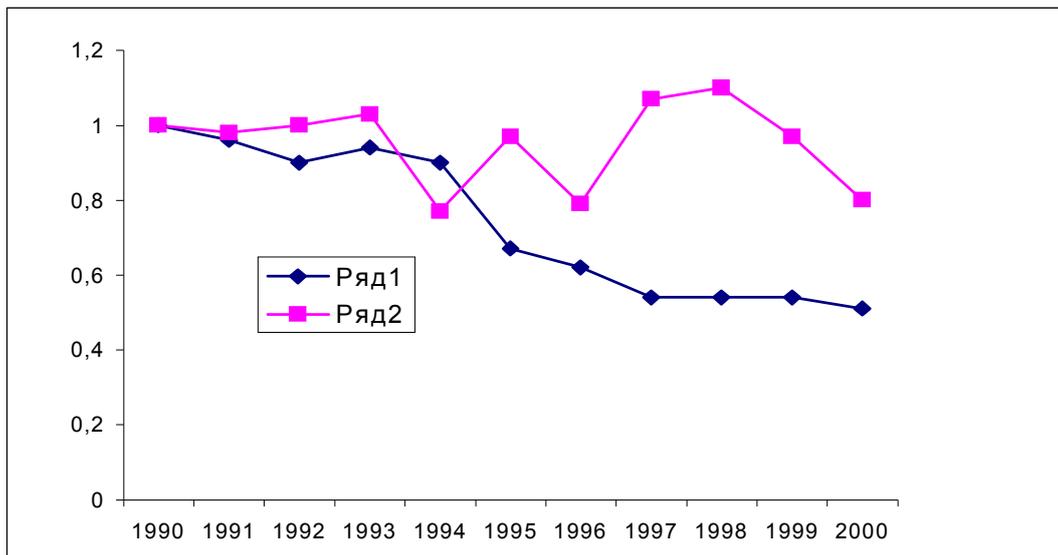


Рис. 1. Динамика общего водозабора (ряд 1) и забора речных и подземных вод (ряд 2) по сравнению с 1990 г.

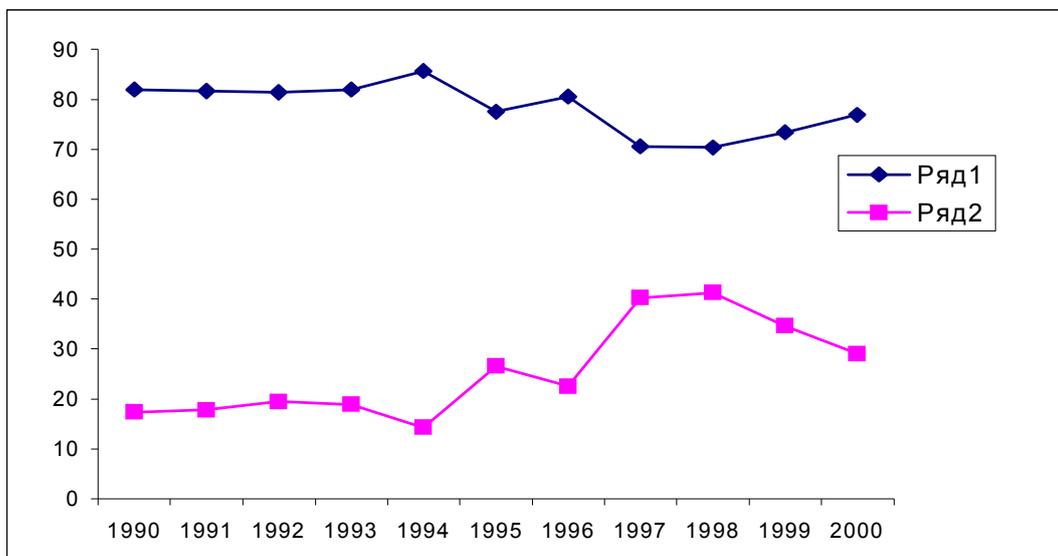


Рис. 2. Доля (%) СКК в общем водозаборе (ряд 1) и процент подземных и речных вод относительно СКК (ряд 2)

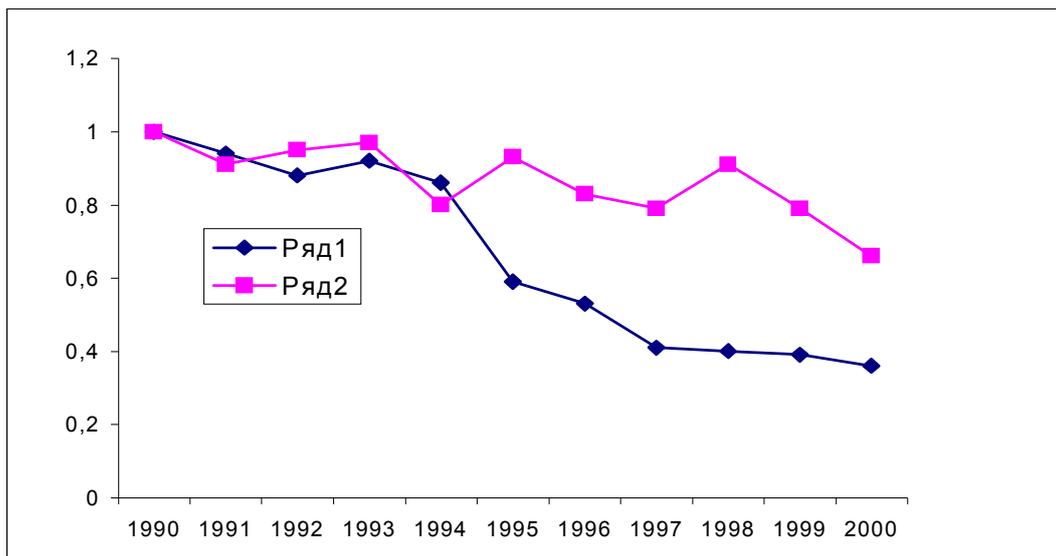


Рис. 3. Динамика использования воды на орошение (ряд 1) и хозяйственно-бытовые нужды (ряд 2) по сравнению с 1990г.

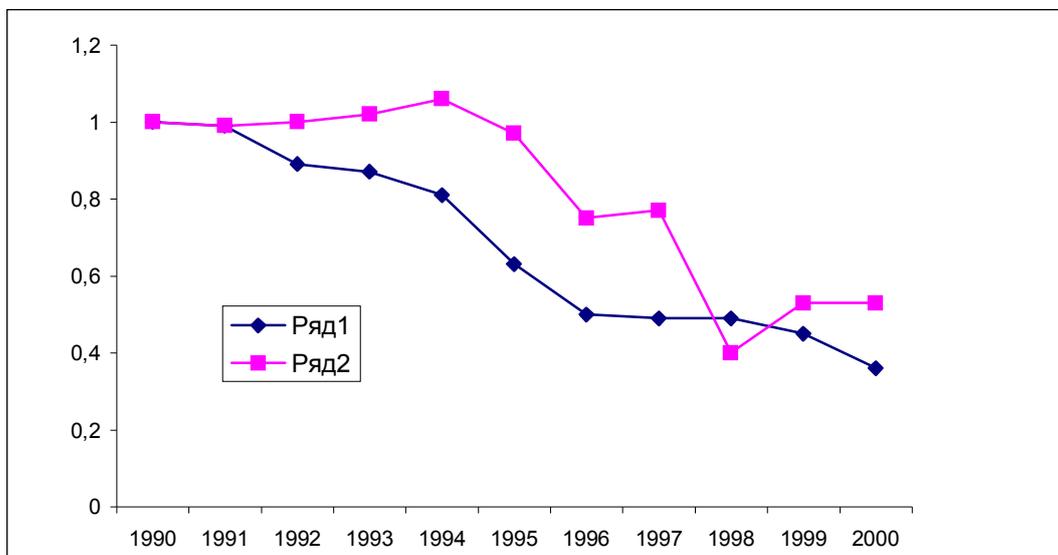


Рис. 4. Динамика промышленного (ряд 1) и сельскохозяйственного (рис. 2) водопотребления по сравнению с 1990 г.

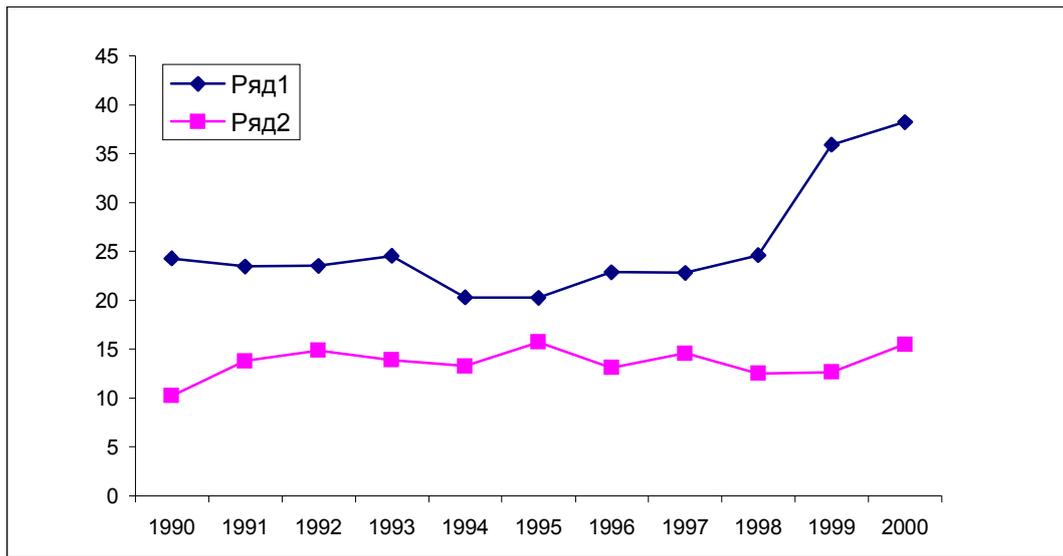


Рис. 5. Потери воды при транспортировке (%), отнесённые к общему водозабору (ряд 1) и доля (%) недостаточно-очищенных и неочищенных сточных вод во всех сточных водах (ряд 2)

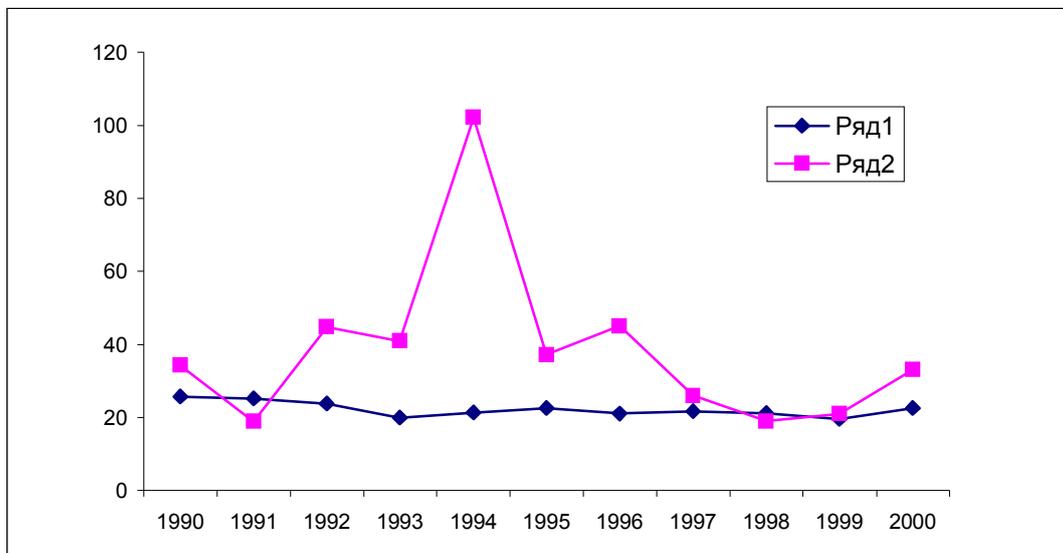


Рис. 6. Процентное отношение вод оборотного и повторного использования к использованной пресной воде (ряд 1) и недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод к водозабору из рек (ряд 2)

Доля недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод во всех сточных водах остаётся на уровне 15% (см. рис. 5). Недостаточно очищенные и неочищенные сточные воды, сбрасываемые в реки, загрязняют их воды, ухудшая гидрохимические параметры, и отрицательно влияют на биоценозы. Процентное отношение этих сточных вод к водозабору из рек составляет значительную величину: в 2000 г. - 33%, а в маловодный 1994 г. это отношение достигло 102%, т.е. недоста-

точно очищенные и неочищенные сточные воды сравнялись по величине с водозабором из рек (рис. 6).

Оценка гидроэкологического состояния водных ресурсов рек северного макросклона Главной гряды Крымских гор по гидрохимическим показателям применительно отдельно к требованиям хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и отдельно к рыбохозяйственным требованиям приведена в табл. 1 [14].

Таблица 1. Результаты оценки гидроэкологического состояния рек применительно к требованиям хозяйственно-питьевого и культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования

Квалификация экологического состояния	Устойчивое	В среднем устойчивое с очагами неустойчивости	Неустойчивое
Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование			
Реки	Альма, Коса, Бодрак, Кача, Стиля, Марта, Бельбек, Коккозка, Ураус-Дереси, Бага Нижняя, Бурульча, Тана-Су, Сухой Индол	Чёрная, Байдарка, Сухая Речка, Айтодорка, Зуя, Куртинская	Западный Булганак, Чурук-Су, Ангара, Малый Салгир, Биюк-Карасу, Сары-Су, Кучук-Карасу, Восточный Булганак, Мокрый Индол, Салы, Чорох-Су, Соляная
Рыбохозяйственное водопользование			
Реки	Коса, Бага Нижняя	Стиля, Бельбек, Коккозка, Ураус-Дереси, Чёрная, Байдарка, Сухая Речка, Айтодорка, Ангара, Сухой Индол	Западный Булганак, Альма, Бодрак, Кача, Марта, Чурук-Су, Малый Салгир, Зуя, Бурульча, Соляная, Биюк-Карасу, Тана-Су, Сары-Су, Кучук-Карасу, Восточный Булганак, Мокрый Индол, Куртинская, Салы, Мокрый Индол

Из 31-ти одной реки только 13 рек (42%) оцениваются как устойчивые относительно требований хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и только две реки (6,5%) удовлетворяют требованиям рыбохозяйственного водопользования.

Несколько нерешенных гидроэкологических вопросов связано с функционированием водохранилищ в Горном Крыму. Как известно, в связи с особенностями водного режима – пересыханием в летне-осенний период и интенсивным стоком в зимне-весенний период – вода наших рек может быть использована только с помощью водохранилищ. Основные особенности и гидрографические характеристики крымских водохранилищ приводятся в работах [7].

Создан комплекс сооружений для подачи воды в Большую Ялту. В верховьях р. Бельбек построены три водохранилища, а сквозь Ялтинский горный массив пробит гидротоннель. Вода уходит в Ялту и это нарушает экологическое состояние Бельбекской долины. Русло р. Бельбек не промывается в верховьях речными водами, и все вредные вещества (преимущественно минеральные удобрения и ядохимикаты), стекающие с окружающих угодий, при обедненном стоке концентрируются в реке, где они существенно превы-

шают допустимую норму. Катастрофически снижается уровень воды в колодцах. Первоначально воды р. Бельбек подавались в Ялту с помощью трубы диаметром 400 мм. Затем Ялтинский горводоканал стал производить водозабор через трубу диаметром 600 мм. Сейчас укладываются трубы диаметром 1400 мм, которые будут забирать практически весь сток.

Более в худшем положении оказалась р. Кача и ее долина. В с. Загорском было построено Загорское водохранилище емкостью 28 млн.м³. Из него перекачивают воду в Счастливенское водохранилище, а дальше она поступает по гидротоннелю в Ялту. Река Кача практически перестала существовать и требует интенсивных экологических попусков.

Ситуация с гидроэкологическим состоянием рек Бельбек и Кача может ухудшиться, если будет осуществлен проект строительства Севастопольского резервного водохранилища, которым предусмотрено создание плотины на р. Коккозке объемом 15 млн. м³. Воду из него намечается подавать в водовод Ялта-Форос или в р. Черную. Этот проект может загубить Большой Каньон Крыма и курорт «Черные воды».

Водоохранилища не только задерживают речную воду, но и влекомые наносы

крупных фракций, которые идут на формирование крымских пляжей. Особенно отрицательно это сказывается на состоянии пляжей аллювиального питания, расположенных на участке Южного берега Крыма от м. Айя до Феодосии. Твердый сток на реках был рассчитан нами по данным наблюдений на гидрологических постах, а затем по соотношению влекомых и взвешенных наносов определен объем стока крупных фракций. Это соотношение было выявлено путем анализа наносов, отложенных в водохранилищах. В соответствии с величинами твердого стока все речные бассейны Южного берега были разделены на три группы: бассейны с большим твердым стоком, бассейны со средним стоком и бассейны с малым стоком. Другой причиной снижения ширины пляжей является рефулирование песка со дна моря для строительных целей [5].

Нехватка естественных пляжей и интенсивные абразионные процессы, разрушающие берег, привели к широкому созданию искусственных пляжей, которые состоят из бун. Между бунами делается отсыпка щебнисто-галечного материала, привозимого из карьеров.

При определенной эффективности этих сооружений отмечаются затруднения в их эксплуатации. Во-первых, это недостаток средств для подвоза пляжного материала и ремонта бун. Искусственные пляжи как гидротехнические комплексы не безупречны с экологической точки зрения. Насыпные пляжи смываются штормами в море, где уничтожают нерестилища рыб, гибнут креветки и крабы, водоросли и другие представители бентоса. Иногда буны приводят к застойной циркуляции воды в межбунном пространстве, и морская вода теряет прозрачность. В качестве альтернативных мероприятий предлагается использовать для пополнения пляжей речные наносы [8].

В целях дифференциации речных бассейнов по необходимости пополнения пляжей была определена населенность и освоенность территории. В результате составлена специальная карта, на которую нанесены речные бассейны ЮБК, разделенные на три группы: 1) густо населенные и интенсивно освоенные под сады, виноградники и рекреационные учреждения; 2) средне освоенные и населенные бассейны, которые могут пополнять пляжи рыхлообломочным материалом при условии создания транзита бурных паводков и се-

левых потоков, гарантирующего безопасность народнохозяйственных объектов и сельскохозяйственных площадей; 3) слабо освоенные и неосвоенные бассейны, где в случае искусственного пополнения твердого стока не требуется создания специальных условий для пропуска интенсивных паводков и селевых потоков.

Для каждой группы бассейнов предложена своя система мероприятий. Для интенсивно освоенных бассейнов, кроме транзита бытовых и селевых паводков не предлагается мероприятий, увеличивающих твердый сток. Пополнение пляжей здесь осуществляется путем вывоза на них самосвалами рыхлообломочного материала, скопившегося в водохранилищах, на конусах выноса селевых потоков в гидрографической сети и в селевых очагах. Последние представляют собой скопление рыхлообломочного материала, питающего селевые потоки во время их возникновения и прохождения.

В речных бассейнах второй группы – средне освоенных, при хорошей организации транзита селевых потоков и бытовых паводков, возможно обрушение в реки выветренных участков склонов долины и перемещения в русла отдельных участков древних речных террас. Для бассейнов третьей группы, кроме всех перечисленных выше мероприятий, возможен спуск в русла и свал в реки отложений аллювия пойменных террас.

Следующим важным вопросом являются гидрологические предпосылки возникновения неблагоприятных экологических ситуаций. Теория возникновения неблагоприятных экологических ситуаций достаточно подробно рассмотрена в работе В. А. Бокова и А. В. Луцкича [1]. К гидрологическим предпосылкам мы относим неблагоприятные природные паводки, склоновый смыв, овражная и речная эрозия, абразия и оползни.

Наводнения наносят огромный ущерб народному хозяйству АР Крым: затопляют и выводят из хозяйственного оборота сельскохозяйственные угодья, подтапливают населенные пункты, разрушают жилые дома и промышленные предприятия, плотины, шоссейные и железные дороги, случаются и человеческие жертвы. Движение паводка, формирующего наводнение, представляет собой неустановившееся движение, при котором гидравлические элементы (скорость, давление и т.д.) в данной точке изменяются с течением времени.

В основе теоретических исследований лежит система дифференциальных уравнений неустановившегося потока, которые обычно называют уравнениями Сен-Венана. Это два совместно решаемых уравнения, определяющих связи между гидравлическими характеристиками потока и силами, действующими на массу движущейся воды в условиях неустановившегося движения:

$$i_0 - \frac{dh}{ds} = \frac{V^2}{C^2 R} - \frac{1}{g} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{V}{g} \cdot \frac{dv}{ds}$$

$$\frac{dF}{dt} + \frac{dQ}{ds} = 0$$

Первое уравнение системы является уравнением динамического равновесия, определяющим уклон потока, при котором внешние и внутренние силы, действующие на поток жидкости, включая и силы инерции, в условиях неустановившегося движения находятся в равновесии.

Второе уравнение системы является уравнением неразрывности. В практике гидрологических расчётов и прогнозов оно известно и как уравнение водного баланса реки.

В этих уравнениях i_0 - продольный уклон дна потока; $i_0 - \frac{dh}{ds} = i$,

где i - уклон водной поверхности, выраженный в форме разности между уклоном дна и изменением глубины (h) вдоль потока;

S - координата расстояния потока;

C - коэффициент Шези;

R - гидравлический радиус;

t - время; g - ускорение свободного падения;

F - площадь живого сечения; Q - расход воды.

Интегрирование этих уравнений для случаев одно-временного обводнения площади водосбора (ливнем, дождём или снеготаянием) позволяет получить решение, обладающее большой общностью. Из него как частный случай, находят решение для паводков ливневого, дождевого и снегового происхождения, а также для селевых потоков [6].

Для условий Крыма широко используются при расчётах максимальных расходов редуцированные зависимости. В формулах для определения максимальных модулей стока вводится коэффициент редукиции, который отражает параболическую зависимость между увеличением максимальных расходов и ростом площади водосбора. Анализ этих формул приведён в коллективной работе [3].

В последнее время вышли работы, содержащие оригинальные разработки по вопросам исследований и расчётов максимальных расходов воды в реках Крыма, например [2].

До последнего времени главной причиной наводнений на берегах крымских рек были паводки редкой повторяемости, однако последнее время наводнения возникают под влиянием человеческой деятельности, а, именно, из-за внеплановых сбросов из водохранилищ или разрушений плотин прудов.

В качестве примера можно привести наводнение 28 июня 1977 года в районе г. Феодосии. За 3 часа 14 минут здесь выпало более 100 мм осадков. На реке Байбуге и ее притоках резко повысился уровень воды на 1,5-2 м. В результате была затоплена территория г. Феодосии общей площадью около 30 км², уровень воды в городе достигал 0,5-0,8 м. Во время паводка были разрушены плотины прудов, и весь поток воды из них по заросшему руслу устремился в населенные пункты. Мосты с недостаточной пропускной способностью явились дополнительными запрудами, которые впоследствии разрушились, и вода бурными потоками затоплила сельскохозяйственные угодья и город [10].

Антропогенной была также причина наводнения на р. Бельбек в районе с. Фруктовое, когда были затоплены сады, причем ширина затопления достигала 100 м. Около поселка Куйбышево поднятие уровня достигло 3 м 95 см, что было связано со сбросом воды из Счастливенского водохранилища. Ниже водомерного поста были затоплены сады, огороды, приусадебные участки и дома.

Сильные наводнения отмечалось в Крыму в апреле 1997 г., что было связано с таянием снега и выпадением дождей. На р. Кача и р. Салгир паводочный расход доходил до 45 м³/сек. Симферопольское, Партизанское, Загорское и Белогорское водохранилища оказались переполненными. Поступающую по рекам воду через водохранилища пропускали транзитом. Этим способом было сброшено 14 млн. м³.

Боязнь переполнения водохранилищ и прорыва плотин приводит к тому, что во время выпадения интенсивных осадков воду спускают одновременно из нескольких водохранилищ. Это приводит к возникновению «антропогенных наводнений». В частности, наводнение в низовьях р. Салгир в августе 1997 г. было связано

со сбросом воды одновременно из Симферопольского, Белогорского и Тайганского водохранилищ, что сказалось на высоте подъема уровня и продолжительности паводка во времени. В результате водохранилища не смогли защитить города Белогорск и Нижнегорск, поселки и села, а также сельскохозяйственные угодья от наводнения. Последнее усилилось в результате залпового сброса воды из Горлинского водохранилища выше с. Богатого в бассейне р. Кучук-Карасу. Самое последнее наводнение произошло в Крыму в 2002 г.

Человек также оказывает негативное воздействие на сток в бассейнах рек и их руслах. В первую очередь, это связано со сведением лесов как в прошлый, так и в современный период, когда в связи с отсутствием топлива леса вырубались вокруг многих деревень. Другим отрицательным видом хозяйственной деятельности является застройка территорий. В частности, это отмечается в бассейне р. Малый Салгир, когда во время значительных паводков происходит затопление находящихся по берегам реки домов и других построек, а также подтопление приусадебных участков, как это отмечалось в 1983, 1987 и 1997 годах.

Разрушительные селевые (грязе и водокаменные) потоки периодически проходят в горном Крыму, нанося существенный ущерб народному хозяйству АРК. Большинство наших селей относятся к селевым паводкам, представляющих собой промежуточный тип между селевым потоком и паводком. При относительно малой плотности (менее 1100 кг/м^3) они обладают элементами селевого процесса – срыв отмычки русла, высокая насыщенность обломочным материалом, перенос крупных обломков, которые реализуются не на всем протяжении русла, а на отдельных участках русла [6,9].

Селевые паводки разрушают шоссейные дороги и виноградники, разрушают мосты и линии связи, повреждают гидротехнические сооружения, разрушают и заносят дома и курортно-санаторные комплексы. Разрушительность селей определяется не столько их расходами, сколько теми объектами, которые подвергаются вредному воздействию селей. В Крыму сели разрушительные, поскольку их воздействию подвергаются достаточно ценные виноградники [6].

Важным является также антропогенный прессинг на селевые бассейны. Помимо вырубки лесов и неурегулированного выпаса овец, изредка происходит захват потоком вскрышных пород и продукции карьеров. Иногда прорываются плохо спроектированные плотины, часто паводковый речной поток не вмещается в мостовой переход.

Селевые потоки по их географическому положению и геологогео-морфологическим особенностям, подразделяются на четыре района: юго-восточный, юго-западный, северный и предгорный [6]. В дальнейшем выделены и подрайоны по степени селевой опасности [6]. Основным критерием такого деления является соотношение количества селевых и неселевых русел, объем селевых выносов и повторяемость селей.

По этому принципу построена карта селевой опасности Южного берега Крыма (рис. 7).

На карте выделены следующие зоны:

- сильная степень селевой опасности, когда количество селевых русел больше, чем неселевых русел. Сели проходят один раз в 1 - 5 лет. Объем селевых выносов $100000 - 1000000 \text{ м}^3$ за один сель. Это территории с преимущественным развитием крупных селевых очагов, движением крупных оползней и осыпей, с сильной эродированностью водосборов;
- средняя степень селевой опасности. Количество селевых русел меньше, чем неселевых. Повторяемость селей один раз в 5 – 15 лет. Объем единовременных выносов селевого материала $100000 - 20000 \text{ м}^3$. Территории с преимущественным развитием средних селевых очагов и площадей стокообразования средних размеров;
- слабая степень селевой опасности. Селевые русла единичны. Сели проходят реже одного раза в 15 лет. Объем единовременных селевых выносов менее 20000 м^3 . Территории с развитием мелких селевых очагов;
- потенциальная опасность. Сюда отнесены горные территории, где селепроявления по имеющимся данным не отмечались, но, судя по степени пораженности бассейна эрозийными процессами и интенсивности их развития, принципиально возможно в ближайшей перспективе.

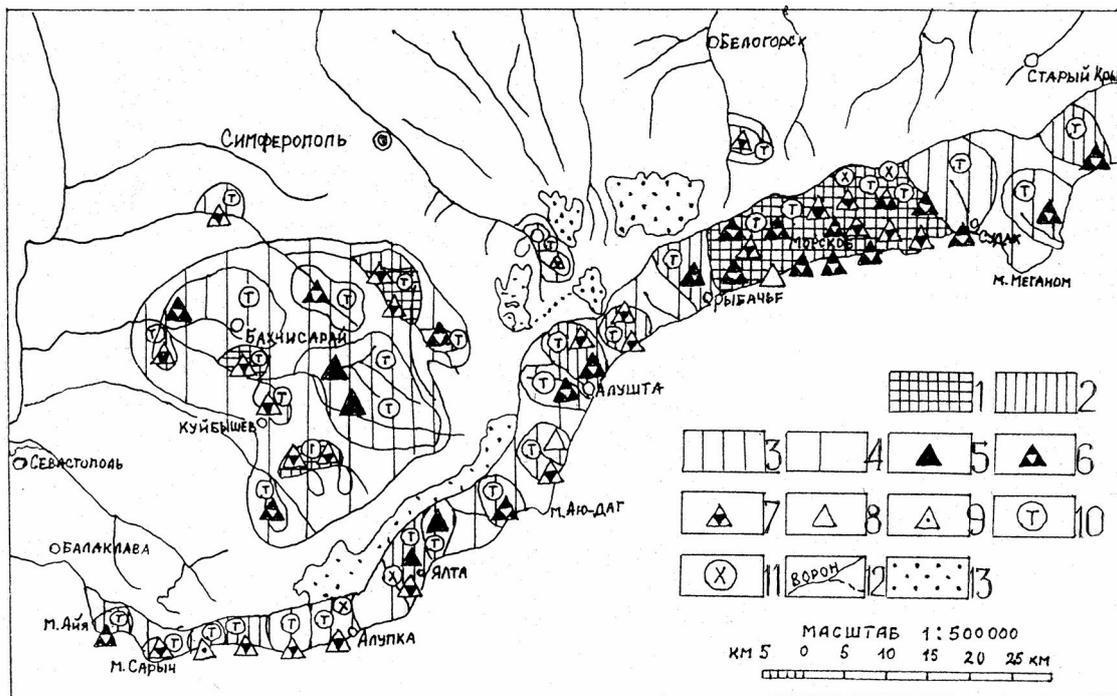


Рис. 7. Карта селей опасости (составил А. Н. Олиферов)

- 1 – сильная степень селей опасости; 2 – средняя степень; 3 – слабая степень;
- 4 – потенциальная опасность; 5 – водно-крупноглыбовые сели; 6 – водно-мелкоглыбовые сели;
- 7-водно-щебнистые сели; 8 – грязе-глыбовые сели; 9 – грязе-щебнистые сели;
- 10 – дождевой селей поток в теплый период; 11 – дождевой и снегодождевой поток в холодный период;
- 12 – русла селей потоков; 13 – территории, лишённые гидрографической сети (яйлы).

Первые селей потоки, обследованные нами детально по оставленным ими следам, прошли 28 июня 1956 г. в бассейнах рек Шелен, Ворон и Ай-Серез. После прохождения потоков в устье р. Шелен образовался полуостров шириной 89 м и высотой 0,8 м. Береговая линия переместилась в море на 41 м. В устье р. Ворон ширина селей конуса выноса была 118 м, а в море он вдавался на 62 м. Около деревни Громовка селей поток занес огороды и участки виноградников. В устье одной из балок отложился конус выноса высотой 1,10 – 1,20 м, в котором попадались обломки метрового диаметра. Только в верхней части бассейнов рек Ай-Серез и Ворон 32 га виноградников были повреждены потоком, из которых 10 га были полностью занесены обломками глинистых сланцев и песчаников. На половину погиб молодой сад площадью 9,5 га у села Междуречья, в долине р. Ай-Серез мощность наносов достигала 1,5 м.

В 1964 и 1967 гг. катастрофические селей паводки прошли на р. Кутлак на территории совхоза «Веселовский». 9 июля 1967 г. в этом районе выпало значительное количество осадков (Громовка –

55 мм, Ворон – 47 мм), с высокой интенсивностью (0,8 – 3,2 мм/мин.). На реке сформировался мощный селей паводок. Высота его достигла 1,5 м, а скорость – 4 – 5 м/с. Кроме щебня и мелких камней, сел переносил бревна и железобетонные опоры с виноградников. Мощность селей паводка оказалась достаточной для того, чтобы в поток был вовлечен грузовой автомобиль. В 1,2 км от устья, где река делает крутой поворот, машина была перевернута несколько раз и протаскана селом 20 м. Более 20 детей, которые ехали купаться на море, погибли. Сейчас в этом месте сооружен памятник.

В 1968 г. после сильных ливней селей паводки прошли по реке Отузка, около с. Щebetовка. В результате были занесены виноградники, размыты сады, разрушены берегоукрепительные сооружения, дороги, поврежден дом пионерского лагеря.

Значительные селей паводки проходят здесь и в наши дни. Например, в д. Ворон в 1997 г. прошел селей паводок. Проведенное обследование показало, что он является достаточно характерным. Выше д. Ворон – это был типичный селей

вой поток. Водомерный пост был нарушен, расход, по оценке сотрудников Крымского центра по гидрометеорологии, достиг $70 \text{ м}^3/\text{с}$. По концентрации наносов поток то превращался в сель, то двигался как паводок. Во время его прохождения была опрокинута автомашина и погибла женщина. Последний сель в этом районе прошел по Канакской балке в 2002 г.

Многолетние исследования крымских селевых паводков позволили сделать определенные выводы относительно их характеристик.

После прохождения селей – по оставленным ими следам была произведена нивелировка горизонта высоких вод и по соответствующим формулам подсчитана максимальная скорость и определены максимальные расходы.

Скорость селевых паводков в Крыму колеблется от 1,5 – 2,5 до 4 – 5 м/сек. Она зависит от глубины потока, уклона русла и состава селевой массы. Анализ существующей литературы показал, что скорость селевых паводков в Крыму существенно не отличается от скорости селей в других регионах мира [15]. Расходы селевых паводков меньше $10 \text{ м}^3/\text{с}$ почти не проходят (всего 2% случаев), что вытекает из самой природы селя, представляющего собой фактически максимальный твердый сток. Количество случаев расходов селя 20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69, 70–79 и 80–100 $\text{м}^3/\text{с}$ распределяется почти равномерно [12].

Отличительной особенностью селевого потока является заторный характер его движения. В этом случае при прорыве заторов максимальные расходы могут многократно возрастать. Заторы на селевых водотоках в Крыму могут возрастать в результате нагромождения камней в местах крутых поворотов, резких сужений и изменений русла. Достаточно часто заторы возникают при загромождении русла оползнями, как это было в овраге Ставлухар (приток р. Ускут), осыпями и конусами выноса из боковых притоков [9].

Значительный интерес при прохождении селей представляет движение крупных валунов и глыб, обладающих большой ударной силой.

На овраге Ставлухар были смещены на 1200 – 1400 м камни размером: $0,46*0,33*0,25 \text{ м}$; $0,57*0,40*0,20 \text{ м}$; $0,22*0,20*0,20 \text{ м}$ и т.д. По оврагу Урсуглу (приток р. Ускут) была перенесена на 33 м глыба размером $1,7*1,7*1,6 \text{ м}$. Во время

селевого паводка в с. Семидворье сдвинулась глыба диаметром 1,8 м. В августе 1964 г. во время селя по р. Кутлак сместилась на 40 м глыба песчаника размером $2,1*1,4*1,3 \text{ м}$, а с ней вместе компрессор, насос и бетонная балка от опоры. Удалось выявить закономерности движения крупных глыб при прохождении селей [9].

Конусы выноса селевых потоков в Крыму по их форме и расположению можно разделить на три группы: 1) селевые конусы, откладывающиеся на суше; 2) селевые конусы, откладывающиеся из боковых притоков в главную реку и ею размываемые; 3) конусы выноса, откладывающиеся в море, материал которых идет на питание пляжей.

Представляется, что математическую модель накопления и размыва слоёв конуса выноса можно выразить, опираясь на интегральное уравнение процессов слоенакопления, полученное А.Н. Колмогоровым [4]. Согласно его разработкам период образования слоёв не является постоянным. В нашем случае некоторые слои формируются почти мгновенно – это собственно отложения селей, другие создаются бытовым стоком наносов более длительное время. Слоенакопление описывается математически таким образом, что некоторые слои могут размываться, а другие даже полностью исчезать из профиля. А.Н. Колмагоров разрешил в общем виде задачу, связанную с вероятностной трактовкой механизма слоестроения.

Комплекс мер борьбы с селевыми паводками был разработан достаточно давно [6]. Комплекс противоселевых мероприятий включает организационно-хозяйственные, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Литература

1. Боков В. А., Лущик А. В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: Сонат, 1998. – 224 с.
2. Голченко Е. Д., Романчук М. Е. Про розрахунок максимального стоку з малих водозборів // Метеорологія, кліматологія і гідрологія. – Вип. 30. – Київ: «Либідь», 1995. – С. 29-36.
3. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / Под ред. К. Т. Логвинова и М. Б. Барабаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 318 с.
4. Колмогоров А. Н. Решение одной задачи из теории вероятностей // Докл. АН СССР, 1949. – Т. 65, № 6. – С. 793-796.
5. Корженевский И. Б. Об охране пляжей Южного берега Крыма // Мат. Научной сессии Крымского отд. Общества охраны природы. – Симферополь: Крымиздат, 1962. – С. 9-12.

6. Олиферов А.Н. Борьба с эрозией и селевыми паводками в Крыму. – Симферополь: Крымиздат, 1963. – 92 с.
7. Олиферов А.Н. Гидрография и гидрология // Сборник "Вопросы развития Крыма", 1999.- Вып. 11. – С. 12-15.
8. Олиферов А. Н. Крымские пляжи и их охрана // Вестник физиотерапии и курортологии, 1997. - № 2. – С. 45-49.
9. Олиферов А.Н. Модели селевых процессов, формирующихся в Крыму и Карпатах // Физико-географические процессы и охрана окружающей среды. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 79-88.
10. Олиферов А.Н. Паводкорегулирующие мероприятия в горных районах УССР // Физическая география и геоморфология. – К.: Выща школа, 1980 - № 24. – С. 55-59.
11. Оцінка сучасного стану водних ресурсів і концепція розвитку господарства в Автономній Республіці Крим. – Рада Міністрів АРК. – Симферополь, 2002 р. – 63 с.
12. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический справочник. – М.: МГУ, 1996. – 46 с.
13. Селеопасные районы Советского Союза / Под ред. С. М. Флейшмана и В. Ф. Перова. – М.: МГУ, 1976. – 308 с.
14. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. – Симферополь: Доля, 2002. – 152 с.
15. Чеботарёв А.И. Общая гидрология (воды суши). – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 544 с.
16. Экологическая геология Украины. Справочное пособие. – К.: Наукова думка, 1993. – 408 с.
17. Экологический энциклопедический словарь. – М.: Издательский дм «Ноосфера», 1999. – 930 с.

Анотація. А. М. Олиферов, З. В. Тимченко **Екогеодинаміка водяних ресурсів Криму.** Розглянута екогеодинаміка водяних ресурсів Криму за 11 років. Загальний водозабір знизився в два рази, а втрати при транспортуванні зросли. Екологічний стан рік погіршився – з 31 річок тільки 13 оцінюються як стійкі для водопостачання. Збільшилася кількість антропогенних повеней і селевих паводків. Водоймища затримують воду, що вимагає екологічних попусків.

Ключові слова: екогеодинаміка, водяні ресурси, екологія рік, антропогенні повені, селеві потоки.

Summary. A. N. Olyferov, Z. V. Timchenko. **The Ecogeodynamics of the Water Resources of the Crimea.** Ecogeodynamics of the water resources of the Crimea for 11 years are reviewed. The common water-take half the losses of the transportation increased. The ecological conditions of the rivers became worse – only 13 from 31 rivers are considered as steady for water supply. The quantity of anthropogenic inundations and mudflow increased. Water reservoirs keep water and demand an ecological throw, and also keep alluvium.

Key words: ecogeodynamica, water resources, ecology of river, anthropogenic inundations, mudflow.

Поступила в редакцию 25.04.2004.