

Метод количественной оценки структуры снега и связь структуры с его физико-механическими свойствами. — Тр. ВГИ, вып. 12. Л., 1967. 5. Перов В. Ф. Селевые потоки Хибинского горного массива. — Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр., 1966, № 1. 6. Рунич А. В. Снежные сели и их отличие от лавин. — В кн.: Инженерная гляциология. (Тр. I Всесоюз. координац. совещ. по инженерной гляциологии). Апатиты, 1973. 7. Тушинский Г. К. Лавины. М., 1949. 8. Флейшман С. М. Сели. Л., 1970. 9. Фрейдлин В. С. Гидрометеорологические условия формирования водоснежных потоков. — В кн.: Мат-лы гляциол. исследований, 1979, вып. 35.

Поступила в редакцию
05.05.85

Михайлов
В. Михайлов

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 5. ГЕОГРАФИЯ, 1985, № 6

УДК 556.54 (282.243.7)

В. Н. Михайлов, М. В. Михайлова, Н. Л. Фролова

СМЕШЕНИЕ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД НА УСТЬЕВОМ ВЗМОРЬЕ КРУПНОЙ РЕКИ

Процессы смешения речных и морских вод на устьевом взморье крупной реки — вопрос актуальный и еще не достаточно исследованный. Изучение распределения солёности воды на устьевом взморье и установление его связи с определяющими факторами — речным стоком и ветром — представляет большой интерес как с точки зрения разработки теории взаимодействия рек и морей, так и с практической точки зрения, например, в связи с рыбохозяйственными оценками при естественном режиме и в условиях антропогенного изменения речного стока.

Предметом исследования является поверхностный слой устьевого взморья самого крупного Килийского рукава дельты Дуная, изучение которого сейчас представляет особый интерес в связи с тем, что в недалеком будущем намечается значительное регулирование и изъятие стока Дуная на орошение в придунайских странах, в том числе забор воды из Килийского рукава в канал Дунай — Днестр — Днепр. Опресняющее влияние на взморье стока воды Дуная и рукавов дельты сократится, изменится поле солёности на взморье, в частности, в поверхностном слое.

В поверхностном слое устьевого взморья Дуная, обычно толщиной от 0,5 до 3—5 м, с удалением от рукавов солёность воды возрастает от 0 до 17—18‰ (солёности, близкой к средней солёности вод Черного моря).

Ширина зоны опреснения в целом зависит от величины стока. Важное значение имеет сезонное изменение стока реки. Так, например, в межень расход Дуная в вершине дельты колеблется от 2000 до 3000 м³/с, а в половодье достигает 16000 м³/с. Соответствующие величины стока Килийского рукава дельты, на долю которого приходится в среднем 62% стока реки, составляют 1300—2000 и 8400 м³/с [2].

Неравномерное распределение стока воды вдоль морского края дельты Килийского рукава оказывает значительное влияние на формирование поля солёности. На долю самых крупных рукавов приходится в среднем: Прорва — 16%, Потаповский — 18, Быстрый — 20, Старостамбульский — до 50% стока Килийского рукава. Эти соотношения в течение года практически не изменяются. Рукава, выносящие на взморье большое количество пресной воды, оказывают и большое влияние на зону смешения речных и морских вод. В некоторые районы взморья (например, на морской край межукавных пространств дель-

ты) стока поступает мало, и, следовательно, зона опреснения здесь менее широка.

Ветер создает в прибрежной зоне ветровые течения, деформирующие поле солёности, и вызывает волнение, перемешивающее воды. В течение года на устьевом взморье Дуная преобладают ветры северных и южных румбов. Повторяемость этих ветров в летний период $11,8 \div 19,5$ и $13,7 \div 17,2\%$ соответственно. Северные ветры создают на взморье южные вдольбереговые течения, а южные ветры — северные. Наиболее значительно влияние ветровых течений, деформирующих поле солёности, в поверхностном слое воды.

Анализ данных 20 съемок на устьевом взморье Килийского рукава, проведенных Дунайской ГМО УГКС в разные сезоны года (с 1961 по 1981 г.) подтверждает, что распределение солёности на устьевом взморье обусловлено преобладающим ветром во время съемки и в предшествующий период, а также величиной стока рукава и его распределением вдоль морского края дельты.

Наиболее часто наблюдаются «языки» опресненных вод против рукавов Прорва, Потаповский, Быстрый, Восточный, Старостамбульский, зона опресненных вод сужается на межу рукавных участках (рис. 1). В связи с колебаниями стока Дуная и изменением скорости и направления ветра изменяется распределение солёности.

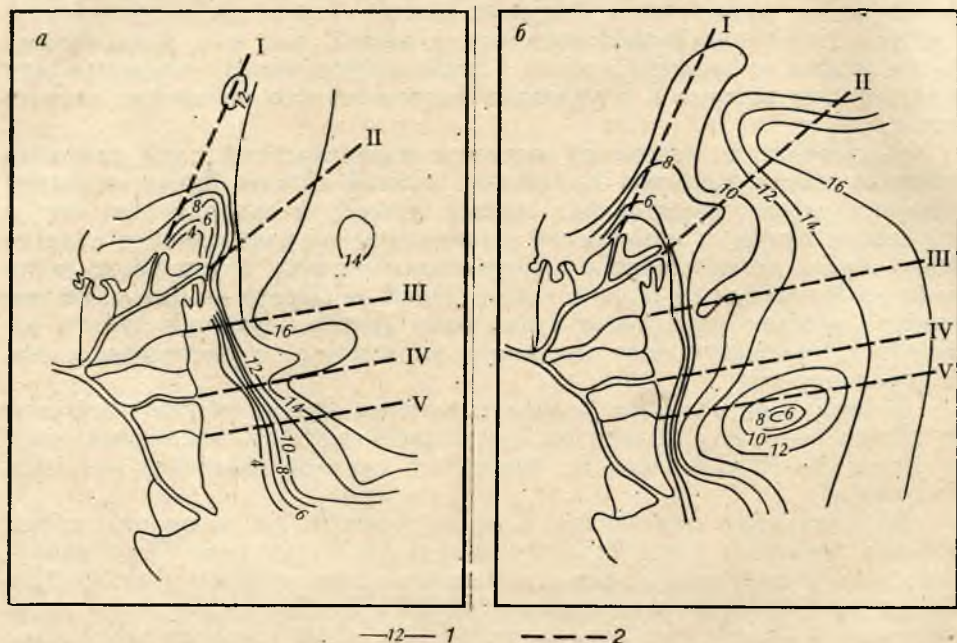


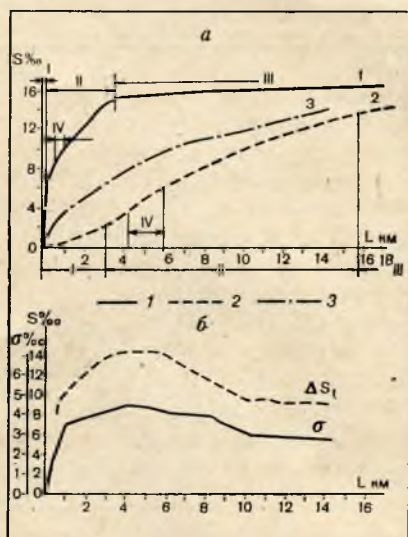
Рис. 1. Карты-схемы распределения солёности воды в поверхностном слое взморья Килийского рукава дельты Дуная: а — в межень (22.IX.1975, $Q=4050 \text{ м}^3/\text{с}$, $W=c$, $3-7 \text{ м/с}$); б — в половодье (15—16.IV.1979, $Q=6820-6890 \text{ м}^3/\text{с}$, $W=c$, $2-5 \text{ м/с}$). 1 — солёность воды в поверхностном слое в ‰; 2 — профили

С целью изучения продольного распределения солёности на взморье были намечены пять профилей: устье рукава Прорва — море (I), устье рукава Потаповский — море (II), устье рукава Анкудинов — море (III), устье рукава Быстрый — море (IV), устье рукава Восточный — море (V) (рис. 1). По этим профилям были построены графики продольного распределения солёности (рис. 2, а).

По характеру продольного изменения солености на графиках хорошо выделяются три зоны: транзита речных вод, смешения речных и морских вод, включая гидрофронт, и морских вод. Первая и третья зоны характеризуются относительной однородностью гидролого-гидро-химических показателей, а вторая зона — большим их разнообразием и изменчивостью. Границы и площади этих зон, как и в устьях многих рек [3], изменяются во времени в зависимости от ветра на взморье и речного стока (рис. 2, б).

Наибольший интерес представляет зона смешения речных и морских вод. Ее внутренней границей является область, в пределах которой происходят наиболее существенные измене-

Рис. 2. а — Продольное изменение солености воды $S_{\text{по}}$ в поверхностном слое в межень (1) и половодье (2), средней $S_{\text{ср}}$ (3) на профиле II, б — среднее квадратическое отклонение солености воды $\sigma_{\text{по}}$ от средней солености $S_{\text{ср}}$ и величины абсолютной временной изменчивости ΔS_t на профиле II



ния в соотношении основных солеобразующих компонентов — переход из гидрокарбонатного класса в хлористо-натриевый [4]. Ей соответствует изогалина 2‰. Внутренняя граница зоны смешения речных и морских вод находится в среднем на расстоянии 0—4 км от устьев рукавов. Внешняя (морская) граница зоны смешения определяется по перегибу кривых продольного распределения солености, после которого соленость изменяется слабо и становится близкой к солености вод Черного моря: значение солености воды на внешней границе зоны смешения составляет приблизительно 90% солености вод Черного моря, т. е. около 16‰. Внешняя граница зоны смешения расположена в разные сезоны в 2—10 км от устьев рукавов. Положение этой границы в периоды максимального стока реки определяет границу устьевого взморья в целом. За его пределами уже располагается предустьевое пространство моря. Зона смешения речных и морских вод включает гидрофронт — область максимальных горизонтальных градиентов солености $\Delta S/\Delta x$, находящуюся на расстоянии 2—8 км от устьев рукавов.

Анализ графиков продольного распределения солености по пяти профилям показал, что временная изменчивость солености ΔS_t в зоне смешения речных и морских вод в целом минимальна вблизи берега, где преобладают пресные воды, максимальна на расстоянии 6—8 км (внутри этой полосы находится гидрофронт) и затем вновь уменьшается в сторону моря, где присутствуют в основном морские воды. Кроме того, ΔS_t растет на периферии взморья — с севера на юг, а в прибрежной узкой полосе — с юга на север, так как зона смешения здесь более динамична.

Для анализа временной изменчивости солености на разных расстояниях от устьев рукавов были найдены значения средней солености на поверхности ($S_{\text{ср}}$). Построена гипотетическая карта — схема средней солености (рис. 3, а).

По всем профилям были вычислены средние квадратичные отклонения значений солёности σ_s от средней солёности $S_{ср}$ и по ним построена карта-схема изолиний средних квадратических отклонений солёности от средних значений (рис. 3, а). У устьев рукавов изменчивость солёности приближается к нулю, затем быстро возрастает и до-

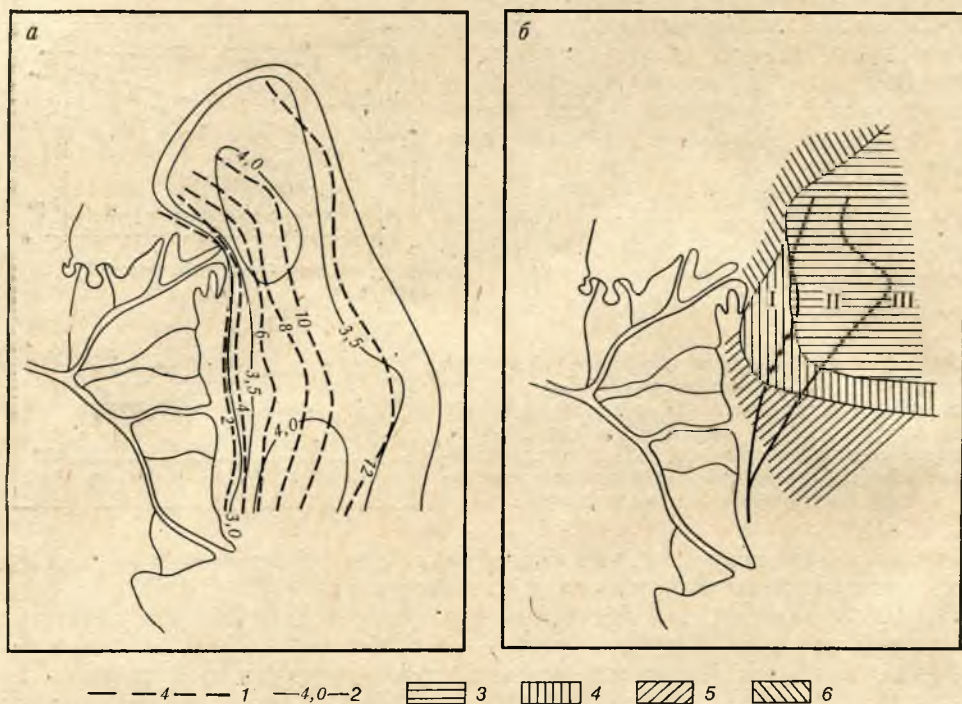


Рис. 3. Карты-схемы: а — средней солёности воды $S_{ср}$ ‰ (1) на поверхности и изолиний средних квадратических отклонений $\sigma_{‰}$ (2) от средней солёности $S_{ср}$; б — районов взморья, в пределах которых солёность воды на поверхности связана: со стоком воды с заблаговременностью до 15 дней (I), 15—20 дней (II), более 25 дней (III); с широтной составляющей вектора скорости ветра с заблаговременностью 8 суток (3), 4 и 6 суток (4); с меридиональной составляющей вектора скорости ветра с заблаговременностью 2 суток (5), 6 и 8 суток (6)

стигает максимального значения ($3,9 \div 4,5‰$) на расстоянии 4—6 км от берега (в районе наиболее частого расположения гидрофронта), далее в сторону моря колебания солёности уменьшаются, что объясняется уменьшением влияния стока Дуная в этой области. Временная изменчивость солёности в зоне смешения больше в северной и южной частях взморья — в районе впадения рукавов Анкудинов и Быстрый.

Влияние стока воды Дуная и ветра на формирование поля солёности на устьевом взморье может быть оценено количественно. В расчетах были использованы данные по стоку воды Килийского рукава Дуная (20 км от моря) за 5, 10, 15, 20, ..., 55, 60 суток до съёмки и составляющие суммарного (интегрального) вектора скорости ветра на направление север — юг и запад — восток на ГМС Приморское (взморье Дуная) в день съёмки и в сумме за 2, 4, 6, 8, 10 суток до нее.

Рассчитаны коэффициенты корреляции характеристик зоны смешения речных и морских вод (расстояний от устьев рукавов до изогалин 2, 4, ..., 12, 14 ‰, до внешней границы зоны смешения) с ветром и стоком разной заблаговременности, а также парные коэффициенты корреля-

ции между соленостью на профилях (через 1 км) с ветром и стоком разной заблаговременности.

Анализ результатов расчета показал следующее:

1. Сток воды играет в формировании поля солености на взморье не столь определяющую роль, как считалось ранее [1]. Более сильное воздействие на формирование поля солености оказывает ветер, особенно на периферии взморья и на северной его границе. Коэффициенты корреляции характеристик поля солености (расстояний от берега до изогалин, величин солености в отдельных точках) с ветром в целом больше, чем со стоком.

2. На поле солености оказывают влияние разные составляющие ветра и с разной длительностью действия, и их роль изменяется по акватории взморья. Наиболее значительна роль составляющей проекции суммарного вектора скорости ветра на направление запад — восток, в целом сужающей (при ветрах восточных румбов) или расширяющей (при ветрах западных румбов) зону смещения речных и морских вод. Коэффициенты корреляции характеристик поля солености с этой составляющей ветра r_w достигают 0,64. В центральной части взморья (против рукава Быстрый) возможен и обратный эффект — расширение зоны смещения при восточном ветре. Это объясняется тем, что восточный ветер, прижимая к берегу зону опреснения против наибольших по водности Потаповского и Старостамбульского рукавов, способствует тем самым расширению зоны опреснения между ними (в районе устья рукава Быстрый).

Составляющие проекции суммарного вектора скорости ветра на направление север — юг оказывают меньшее влияние на распределение солености: ветер северной составляющей расширяет зону смещения против рукава Прорва и сужает против остальных рукавов (коэффициент корреляции $r_w \leq 0,50$), а южная составляющая ветра сокращает зону смещения против рукавов Потаповский, Анкудинов, Быстрый, Восточный, особенно велико его влияние на поле солености против рукава Быстрый (коэффициент корреляции $r_w \leq 0,46$).

Кроме того, оказалось, что наибольшее воздействие ветер оказывает на положение изогалины 6‰ и гидрофронта, особенно ветер за 8 предшествующих съемке дней.

По результатам расчета коэффициентов парной корреляции между соленостью и направлением ветра¹ построена карта-схема (рис. 3, б), на ней выделены области взморья, в пределах которых соленость воды сильнее всего определяется либо меридиональной, либо широтной составляющей скорости ветра различной заблаговременности.

3. Сток воды Дуная, как правило, увеличивает ширину зоны смещения речных и морских вод. В северной части взморья он сильнее всего влияет на положение изогалины 6‰ (против рукавов Прорва и Потаповский), в центральной части, где велико влияние стоковых течений рукавов Быстрый, Восточный, диапазон повышенного влияния стока расширяется и захватывает изогалины от 6 до 14‰.

Надо отметить, что на положение ближних к берегу изогалин оказывает влияние сток небольшой заблаговременности (10—20 дней), на положение дальних — сток большей заблаговременности (до 30—40 дней).

Выделены три области взморья (рис. 3, б), где поле солености воды в поверхностном слое формируется стоком с заблаговременностью

¹ Расчеты выполнены студенткой кафедры гидрологии суши МГУ Н. С. Музгиной.

до 15, 15—25 и более 25 суток. То, что изменения стока Килийского рукава Дуная сказываются на солёности взморья с большим запаздыванием (тем большим, чем дальше пункт наблюдения от морского края дельты), объясняются инерционностью водных масс и многофакторностью процесса формирования поля солёности.

Выполненные исследования позволяют качественно и отчасти количественно оценить характеристики зоны смешения речных и морских вод на взморье Килийского рукава Дуная. Наилучшие результаты даёт одновременный учёт как стока, так и ветра. Множественные коэффициенты корреляции в этих случаях значительно превышают парные коэффициенты корреляции и достигают 0,7—0,75.

Расчёт показал, что уменьшение стока воды Килийского рукава Дуная на 100, 200, 500, 1000, 1500 м³/с приведёт соответственно к увеличению солёности против рукава Быстрый (на расстоянии 6 км от устья) на 0,4, 0,8, 2,0, 4,0, 6,0‰.

Проведённое исследование показало большую сложность и многофакторность процессов формирования поля солёности воды на приглубом устьевом взморье. Оказалось, что сток воды играет несколько меньшую роль, чем ветер. Влияние самого ветра (его силы и направления) неоднозначно для разных районов взморья. Обнаружена значительная инерционность процессов перестройки поля солёности. Фон солёности определяется стоком: чем дальше от морского края дельты, тем больше сдвиг между колебаниями стока и солёности. Величина этого сдвига достигает 40 дней. Ветер существенно трансформирует поле солёности, причём более быстро на периферии взморья. Для количественной оценки характеристик поля солёности необходим совместный учёт стока и проекций скорости ветра разной заблаговременности. Полученные выводы, по-видимому, справедливы для приглубых устьевых взморьев всех крупных рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрология устьевой области Дуная. М., 1963.
2. Михайлов В. Н., Вагин Н. Ф., Морозов В. Н. Основные закономерности гидрологического режима дельты Дуная и его антропогенных изменений. — Водные ресурсы, 1981, № 6.
3. Скриптунов Н. А. Основные закономерности гидрологического режима неприливых устьевых взморьев. — Тр. ГОИН, 1978, вып. 142.
4. Скриптунов Н. А. Основные принципы размещения сети гидрологических наблюдений на устьевых взморьях рек. — Информационное письмо ГОИН, 1980, № 4 (80).

Поступила в редакцию
16.01.85

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 5. ГЕОГРАФИЯ, 1985, № 6

УДК 911.9(47+57)

Ю. С. Кожухов

ОСОБЕННОСТИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Значительная часть топлива в нашей стране расходуется на отопление жилых помещений. Согласно утвержденным строительным нормам и правилам [3] продолжительность отопительного периода (ОП) рассчитывается по датам перехода среднесуточной температуры через +8°C. Таким образом, ОП в настоящее время определяется только температурой наружного воздуха.

В 1964 г. Л. С. Потаповой [2] опубликована карта продолжитель-