

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ И НАПРАВЛЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕЧЕНИЙ

В.М. Савоськин

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

Разработана оригинальная методика, заключающаяся в применении длительной фотоэкспозиции для фиксации следов источников света расположенных на малогабаритных дрейфтерах, оставляемых на фотопленке. Приведена схема прослеживаемых взаимосвязей азродинамических и гидродинамических процессов, оказывающих доминирующее влияние на формирование пляжей.

Введение. Изучение скоростей и направлений прибрежных течений началось на заре становления физики моря, как науки, группой научных сотрудников из Москвы. Руководил проведением данных работ будущий первый директор Морского гидрофизического института В.В. Шулейкин [1]. Для наблюдений за поверхностными течениями была разработана и применялась следующая методика. В Коцивели на берегу моря были оборудованы два наблюдательных пункта, в которых научные сотрудники наблюдали за ярко окрашенными буйками, забрасываемыми в море с помощью минометной установки, и через определенные промежутки времени записывали значения двух углов. Один из углов измерялся между направлением на буюк и вертикалью, а второй – между проекцией направления на буюк на горизонтальную плоскость и заданным направлением в горизонтальной плоскости.

В работе [2] описана методика натурального эксперимента по измерению вертикальных профилей векторов дрейфового течения с помощью квазилагранжевых дрейфтеров. Представлены данные о вертикальных сдвигах течения на глубинах от 0,5 до 5 м, полученные в условиях нейтральной стратификации верхнего пятиметрового слоя моря при слабых и умеренных ветрах. Рассмотрено соответствие полученных данных представлениям о подповерхностном слое моря как о пристеночном турбулентном слое с течением Экмана снизу. Сделан вывод, что результаты измерений в среднем

соответствуют классическим представлениям.

Возбуждаемое ветром поверхностное волнение тоже оказывает влияние на прибрежные течения, которые в свою очередь влияют на форму волн. Гребни волн на встречных течениях становятся круче и чаще обрушаются, чем на попутных течениях. [3].

Прослеживается определенная аналогия полей прибрежных течений со структурой течений во всем Черном море. О существовании на больших глубинах течений, противоположных поверхностному, отмечено в [4,5]. Вихревая структура ОЧТ прекрасно прослеживается на спутниковых снимках Черного моря. Достаточно полный обзор предшествующих работ и численные расчеты скоростей и направлений течений для различных горизонтов и в разные сезоны выполнен в [6].

Большая часть работ, в которых проводится изучение прибрежных течений, используют ряды многолетних данных. Приведенные в статье [7] результаты статистической обработки данных по скорости и направлению течений прибрежной зоны на участке крымского полуострова от мыса Сарыч до поселка Качивели интересны, но не позволяют понять, как изменяются исследуемые величины с глубиной.

Большое влияние на конфигурацию горизонтальных прибрежных течений оказывает топография берега, а на вертикальные – плотностная неоднородность жидкости и рельеф дна. Все это приводит к формированию нестационарной трехмерной структуры прибрежных течений, что подтверждается, как натурными измерениями течений на различных горизонтах [8], так и численными расчетами [9]. Трехмерная модель вызываемых ветром течений для Северного моря с учетом влияния вертикальной вязкости представлена в работе [10].

В работе [11] проведено исследование системного подхода при изучении морских берегов. Сформулированы общие представления об устройстве береговых морфосистем. Там же отмечено, что главными вопросами в исследовании берегов остаются:

1. Процессы трансформации энергии и движения водных масс в зоне деформации волн по мере изменения конфигурации дна и очертаний берегов.

2. Вызываемые этими движениями процессы перемещения, отложения и изменения состава прибрежных наносов.

3. Развитие рельефа берегов, включая стадии разрушения (абразии) берегоформирующих пород в зависимости от их прочностных свойств, образование наносов и аккумулятивных форм.

Оценка экстремальных характеристик транспорта донного материала в Азово-Черноморском бассейне выполнена в статье [12].

Результаты наблюдений. Усиление тектонической активности в районе мыса Айя, начиная с 1997 года, вызвало серию камнепадов. Камни, докатившиеся до моря, образовали второй мыс, который хорошо виден на рисунке 1. В результате этого получилось, что один из маленьких галечных пляжей оказался между двумя мысами, которые отмечены цифрами «1» и «2» на рисунке 1. Это привело к постепенному увеличению его размеров.

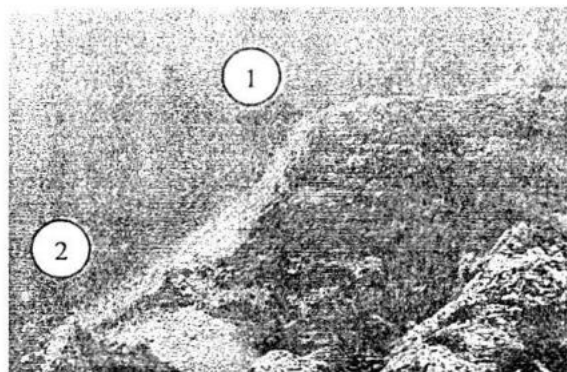


Рисунок 1 – Фотография двух мысов на Айя

Регулярные наблюдения за побережьем показали, что граничащий с морем участок пляжа на мысе Айя за счет волн и течений постоянно меняет свои очертания, уклон и рельеф, а так же структуру. В иные дни, галька сменяется песком, а песок галькой по несколько раз за день. При сильных штормах, как правило, море забирает гальку с пляжа. После окончания шторма, когда море начинает успокаиваться, процесс образования пляжа возобновляется вновь. Вначале море выбрасывает довольно крупные камни. В дальнейшем размер, выбрасываемой на берег гальки, начинает плавно уменьшаться.

В тоже время в других местах, галька в зимний период уносится морем. Это, практически каждый год, происходит с искусственным пляжем пансионата «Мыс Айя», находящимся приблизительно в двух километрах восточнее самого мыса.

Пониманием важности изучения данного природного явления, с целью выявления основных причин, оказывающих влияние на формирование галечных пляжей, и объясняется необходимость проведения изучения прибрежных течений и ветровых волн, а так же их взаимодействия, в акватории м. Айя.

Ни для кого не является секретом, что направление и скорость ветра могут многократно изменяться в течение суток. Ветра северного и северо-восточного направлений приводят к затишью у берега и штгилю на море, а ветра южного и юго-западного направлений вызывают накат волн на берег и пляжи. В холодное время года в районе м. Айя, как правило, доминируют ветра направленные вдоль берега.

В теплое время года смена направления ветра происходит чаще, чем холодное. Объясняется это более быстрым дневным прогревом и ночным охлаждением суши по сравнению с морем, приводящим к возникновению бриза. Летом в утренние и вечерние часы в районе м. Айя бриз часто доминирует над вдольбереговыми ветрами. Кроме этого, на неоднородность поля ветра в дневное время существенное влияние оказывает облачность.

Было замечено, что структура поверхностных течений в районе самого мыса очень сильно зависит от направления ветра и при его изменении начинается плавная перестройка поля течений, как вдали, так и у самого берега. Также замечено, что при некоторых направлениях ветра, сохраняющихся продолжительное время, под поверхностными течениями возбуждаются достаточно сильные течения противотечения. Этим явлением с давних пор пользуются рыбаки для продолжительного нахождения над определенным участком дна. Вихревая структура прибрежных течений связана, как с очертанием береговой линии, так и с рельефом дна.

Методика измерений скоростей и направлений течений. Для выяснения влияния прибрежных течений на формирования пляжа была разработана оригинальная методика, заключающаяся в измерении скоро-

стей и направлений течений на различных горизонтах с применением фотосъемки в темное время суток. Для фиксации следов от источников света расположенных на малогабаритных дрейфтерах, оставляемых на фотопленке, применялась длительная экспозиция. Измерения проводились в квазилагранжевой системе координат.

Для измерений значений скоростей и направлений течений была разработана конструкция малогабаритного дрейфтера представленная на рисунке 2 «А», которая в дальнейшем совершенствовалась. Первоначально малогабаритные дрейфтеры изготовлялись их двух пятилитровых емкостей от питьевой воды и соединялись между собой леской заданной длины. В одну из емкостей помещались источники света, а во вторую, которая являлась плавучим якорем, насыпалась галька в количестве необходимом для того, чтобы горлышко емкости со светом оказалось погруженным в воду. Увеличение точности измерений достигалось закреплением фотоаппарата с помощью струбины на треноге. Для устранения влияния порывов ветра к вершине треноги крепился на резинке груз – емкость с пятью литрами воды, которая касалась поверхности земли, рисунок 2 «В».

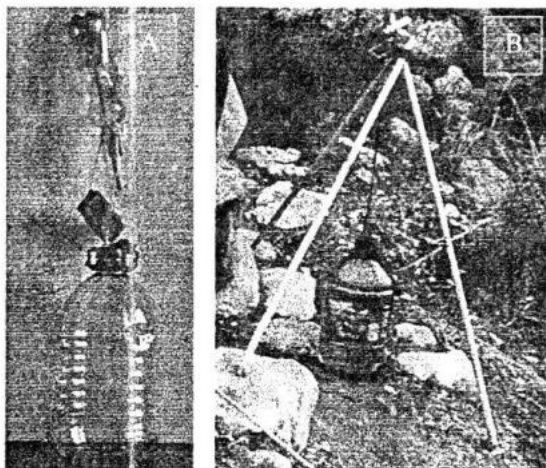


Рисунок 2—Фотографии дрейфтера А и треноги В

Просмотр большого количества ночных фотографий, сделанных во время проведения салюта в Севастополе, определил выбор оптимальных цветов для источников света, используемых на малогабаритных дрейфтерах. Были выбраны белый, желтый и красный цвета. Поэтому на две емкости из

трех надевались полиэтиленовые пакеты желтого и красного цветов.

Световые следы, оставляемые тремя микродрейфтерами на поверхности моря во время проведения натуральных экспериментов фиксировались на высокочувствительной фотопленке. Негативы сканировались с помощью пленочного сканера высокого разрешения.

Для фиксации следов от источников света расположенных на малогабаритных дрейфтерах, оставляемых на пленке, использовались пленка «Коника 800» и фотоаппарат «Зенит 11» с объективами «HELIOS-44М» и «ЮПИТЕР-37А». Применялась длительная фотоэкспозиция. Перед съемкой измерялись углы отклонения фокусной оси объектива от горизонтальной плоскости и от заданного направления в горизонтальной плоскости.

Результат компьютерной обработки одного из снимков, сделанного во время проведения одного из натуральных экспериментов, представлен на рисунке 3.

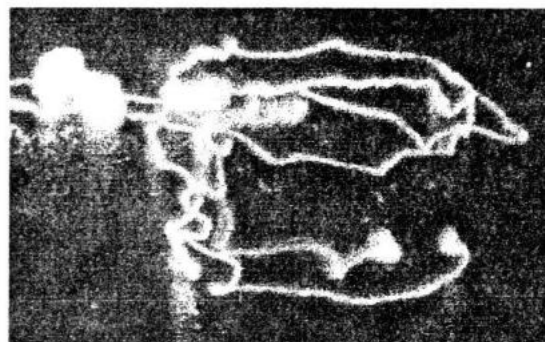


Рисунок 3 – Фотография следов трех дрейфтеров

Помимо технических задач для получения конкретных значений скоростей дрейфтеров предстоит решить еще и ряд математических задач. Например, вычисление скорости перемещения дрейфтера в сферической системе координат и преобразование ее в декартову систему координат. Предстоит еще определить зависимость погрешности вычисляемой скорости движения дрейфтера от точности измерения углов и расстояния до дрейфтера.

Взаимосвязи. Прослеживаемые в результате натуральных наблюдений на мысе Айя между ветром, прибрежными течениями и ветровыми волнами представлены на схеме (рисунок 4).



Рисунок 4 – Схема наблюдаемых взаимосвязей

Выводы. Изучение взаимосвязей между ветром, течениями, волнами и образованием пляжей требует учета всех факторов и условий, характерных для данного региона. При исследовании прибрежных течений очень важно учитывать их изменчивость с глубиной и нестационарный характер.

Проведенные натурные эксперименты показали возможность использования методики измерений скоростей и направлений течений на различных горизонтах в квазилагранжевой системе координат в темное время суток на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шулейкин. Физики моря. – М.: Наука, 1968. – 1084 с.
2. В.А. Дулов, В.Н. Кудрявцев, В.И. Шпира и др. Натурные измерения вертикальных сдвиговых дрейфового течения // Морской гидрофизический журнал. 2007. – № 1. – С. 32 – 43.
3. В.А. Дулов. Ветровые волны в неоднородном океане: влияние длинных волн, течений, термических фронтов / Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Севастополь, 2001. – 300 с.
4. Латун В.С. О движении глубинных слоев Черного моря // Комплексные океанографические исследования Черного моря.– Севастополь, МГИ АН УССР. 1989. – С. 9

– 16.

5. Булгаков Н.П., Голубев Ю.Н. К вопросу о существовании глубинной антициклонической циркуляции в Черном море // Комплексные океанографические исследования Черного моря.–Севастополь, МГИ АН УССР. 1990. – С. 22 – 29.

6. Трухачев Д.И., Демин Ю.Л., Дворянинов Г.С. Результаты исследования климата Черного моря с использованием данных гидрологических наблюдений // МГФЖ. 1993. - № 5. – С. 51 – 63.

7. Белокопытов В.Н., Саркисов А.А., Щуров С.В. Течения прибрежной зоны на участке крымского полуострова от мыса Сарыч до поселка Качивели // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2003. – Вып. 8. – С.64 – 68.

8. Тучковенко Ю.С. Математическая модель формирования термохалинной структуры и циркуляции вод в лиманах, приустьевых и шельфовых областях северо-западной части Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2003. – Вып. 9. – С.138 – 153.

9. Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Липченко М.М. Ветры и волнение в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2003. – Вып. 9. – С.13 – 28.

10. Davis A.M., Jones J.E. The influence of wind and wind wave turbulence upon tidal currents: Taylor's problem in three dimensions with wind forcing // Continental Shelf Research, 1996. – Vol. 16. – No. 1. – P. 25–99.

11. Игнатов Е.И. Береговые морфосистемы // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2003. – Вып. 9. – С.178 – 200.

12. Душко В.Р., Кушнир В.М. Оценки экстремальных характеристик транспорта донного материала в Азово-Черноморском бассейне // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2003. – Вып. 9. – С. 206 – 215.