
ИЗВѢСТІЯ

Томскаго Технологическаго Института

Императора Николая II.

т. 13. 1909. № 1.

III

В.А. Обручевъ.

Къ вопросу о способе передвиженія более грубыхъ осадковъ вдоль береговъ водныхъ бассейновъ.

Съ таблицей чертежей.
1-12.

Въ геологической литературѣ до сихъ поръ удѣлялось мало вниманія весьма интересному и въ практическомъ отношеніи важному вопросу о способе передвиженія валуновъ, гальки и крупнаго песка вдоль береговъ морей и озеръ. Эти продукты морской абразіи и речной эрозіи не могутъ находиться въ взвѣшенномъ состояніи въ стоячей водѣ и следовательно должны перемещаться перекачиваніемъ по дну. Движеніе ихъ назадъ и впередъ подѣ влияніемъ волнъ прибоя, надвигающихся параллельно береговой линіи, т. е. действующихъ перпендикулярно къ этой линіи, изучено и описано подробно; но перемещеніи этихъ болѣе грубыхъ осадковъ вдоль берега подѣ влияніемъ волнъ, двигающихся подѣ косымъ или прямымъ угломъ къ береговой линіи, не разъяснено.

Беремъ новое дополненное и исправленное изданіе "физической геологіи" Мушкетова, представляющее наиболѣе полное изъ всехъ руководствъ не только среди русской, но и среди иностранной литературы; на стр. 576 тома II находимъ, что авторъ, говоря о ширинѣ намывного берега, указываетъ, что она "зависитъ, главнымъ образомъ, отъ отношенія направленія надвигающихся волнъ и простиранія берега; если волны набегаютъ перпендикулярно къ берегу, то намывная полоса получается шире, нежели въ томъ случай, когда они ударяютъ подѣ какимъ либо острымъ угломъ. Если же волны идутъ параллельно берегу, то намыванія почти не происходитъ, а минеральный матеріалъ движется вдоль берега до техъ поръ, пока не встретитъ благопріятный для отложенія берегъ. Такъ какъ простираніе берега и направленіе волнъ разнообразно изменяются, особенно на извилистыхъ берегахъ, то, очевидно, ширина намывного берега весьма непостоянна и изменяется на небольшихъ разстояніяхъ. Положимъ, что волны набегаютъ на берегъ подѣ косымъ угломъ, то, очевидно, *сила ихъ при ударе о берегъ разделится на две, изъ которыхъ одна перпендикулярна къ берегу, а другая—параллельна*; первая производитъ намываніе, а *вторая двигаетъ наносъ вдоль берега**"; чемъ уголъ острѣе, т. е. чемъ волны ближе къ параллельному положенію, темъ въ данномъ мѣстѣ меньше будетъ отлагаться и, напротивъ, болѣе переноситься, и наоборотъ".

Далѣе (стр. 577) авторъ разсматриваетъ образованіе косъ (пересыпей, стрелокъ) и указываетъ, что послѣднія могутъ состоять изъ гравія, галекъ и даже валуновъ.

Описывая отложенія, оставляемые моремъ (стр. 594), авторъ говоритъ объ отложеніяхъ верхней береговой зоны (пляжа), что они отличаются наибольшимъ петрографическимъ разнообразіемъ, *въ зависимости отъ геологическаго состава береговъ**) и затѣмъ разсматриваетъ болѣе подробно способъ образованія этихъ отложений, при чемъ изъ текста видно, что вездѣ; подразумевается работа волны, набегающей перпендикулярно къ берегу.

Изъ приведеннаго видно, что авторъ предполагаетъ возможность перемещенія и грубаго матеріала вдоль берега, но способъ этого перемещенія излагается имъ совершенно неясно. Какъ понять выраженіе, что сила косой волны разделяется на две слагающія — параллельную и перпендикулярную берегу и что первая производитъ перемещеніе матеріала вдоль берега, а вторая — къ берегу? Одинъ и тотъ же камень не можетъ двигаться одновременно въ двухъ направленіяхъ; поэтому нужно думать, что авторъ представляетъ себѣ способъ перемещенія такимъ образомъ, что часть матеріала движется къ берегу подѣ влияніемъ одной слагающей, а другая передвигается вдоль берега подѣ влияніемъ другой слагающей. Вопросъ о томъ, на какое разстояніе частицы могутъ переноситься параллельно берегу отъ пункта первоначальнаго своего

происхождения, автором не рассмотрен совершенно, а его указание, что состав отложенной пляжа зависит от петрографического состава берега, наводит на мысль, что материал, чуждый данному берегу, не может играть существенной роли.

В руководствах на иностранных языках мы находим почти такое же отношение к интересующему нас вопросу. Так, Лаппарант**), подобно Мушкетову, говорит о слагающей, параллельной берегу, получающейся при косой волне и обуславливающей постепенное перемещение гальки вдоль берега; он приводит примеры такого перемещения с берегов пролива Па-де-Калэ. но на сравнительно небольшие расстояния.

В самом новом курсе геологии Е. Науг'а***) также говорится о слагающей, параллельной берегу, которая *создает течение*, обуславливающее перенесение материала вдоль берега; на стр. 476 автор указывает, что грубый материал переносится на *небольшое* расстояние, тогда как песок часто передвигается очень продолжительно время вдоль берега, уносимый течением, постоянное направление которого обусловлено преобладанием какого либо определенного ветра.

Но, очевидно, не все геологи разделяют этот взгляд на возможность перемещения даже только песка на далекие расстояния, если судить по новейшей заметке Р. Брэона (Breon) в протоколах французской академии наук****). В окрестности Берка на берегу Па-де-Калэ этот автор изучал состав гальки и песка и нашел, что рядом с меловой галькой часто попадаются валуны кристаллических сланцев и изверженных пород, выходы которых отсутствуют на берегу на расстоянии не менее 250–300 килом. вплоть до Бретани. Песок пляжа у Берка также состоит из минералов, заимствованных главным образом из аналогичных пород.

Стараясь выяснить, каким образом продукты разрушения этих пород могли очутиться вблизи Берка, автор замечает, что валуны нередко сохранили еще острые ребра и могли быть принесены с берегов Бретани на плавающих лодках; но перенос песка нельзя приписать последним и способ его перемещения, по мнению автора, остается не разъясненным.

Между тем вопрос этот разъясняется совершенно просто, если ближе познакомиться с способом перемещения более грубых материалов вдоль берега, так неясно излагаемым в руководствах по геологии. Эта неясность побуждает меня опубликовать наблюдения, сделанные еще несколько лет тому назад, и основанные на них теоретические рассуждения.

Будучи летом 1902 г. в Алуште и летом 1904 г. в Ялте, я проводил целые часы на морском берегу, наблюдая прибой и собирая коллекцию продуктов деятельности моря для Геологического Кабинета Томского Технологического Института. При этом мне бросилось в глаза, что в обоих пунктах в состав гальки и валунов пляжа входят очень разнообразные породы, между прочим все известные изверженные породы южного берега Крыма — дациты, андезиты, их туфы, порфиры, порфириты, мелафиры, кварцево-авгитовые диориты, тогда как крутые береговые обрывы, ограничивающие пляж и в Ялте, и в Алуште на несколько верст в обе стороны состоят исключительно из юрских сланцев и сланцеватых песчаников. Последние, конечно, входят в состав гальки в значительном количестве, но все-таки большое участие изверженных пород, в том числе таких, выходы которых отстоят от Ялты и Алушты на десятки верст, не может не обратить на себя внимания.

Первоначально я старался объяснить себе это присутствие гальки не местных пород частью приносом ее речками из глубины Крымских гор, частью — переносом на морском льде вдоль берега. Но изучение процессов прибоя показало, что вопрос разрешается проще и что галька и валуны могут перемещаться вдоль берега так быстро, что прохождение ими десятков и даже сотен верст не представляет чего либо невероятного и требует только соответственного промежутка времени.

В этом перемещении я убедился посредством простого опыта. Среди гальки и мелких валунов пляжа в обоих пунктах довольно часто попадает желтый и красный кирпич, яркой цвет которого на общем темном фоне каменистого пляжа дает возможность хорошо следить за перемещением одного и того же камня под влиянием волн. Бросая такую кирпичную гальку, величиной около кулака, на пляж, обнажившийся при отливе волны достаточно сильного прибоя, я заметил, что при прямой волне, т. е. надвигающейся перпендикулярно к береговой линии, камень катается взад и вперед, приблизительно по одному и тому же пути; но при косой волне он перемещается *вдоль берега по зигзагообразной линии* с различной быстротой в зависимости от силы отдельных волн. Способ перемещения следующий (фиг. 1): пусть гребень волны MN образует угол α с береговой линией NO; камень брошен в точку A на расстоянии p от берега; опрокидываемая волна подхватывает его и перекачивает *по направлению своего движения*, т. е. под углом 90° — а к берегу, в точку B на расстоянии a от A. В B камень остается лежать несколько мгновений, пока отливающая вода разбившейся волны снова не подхватит его и не перекатит, но уже *по направлению наибольшего уклона пляжа*, обыкновенно под углом 90° к берегу, которому она сама следует при отливе обратно в море; пусть она принесет камень в точку C на расстоянии b от точки B. Углы ABC и MNO, как углы с взаимно перпендикулярными сторонами, равны; а так как угол MNO мы обозначили α , то и $ABC = \alpha$. Сторона AB = a , а сторона AC, которую обозначим t , из треугольника ABC будет равна $a \sin \alpha$. Но t выражает нам величину перемещения камня

параллельно берегу под действием одной волны и эта величина оказывается равной произведению из величины перемещения камня к берегу на синус угла, образуемого гребнем волны и береговой линией. Итак

$$m = a \sin \alpha.$$

Следующая волна снова подхватывает камень и переносит его в точку D, опять по направлению своего движения, на расстояние a_1 , от C; при отливе волны камень скатится в точку E на расстояние b_1 от D и т. д. Так как мы принимаем направление волн относительно берега за величину постоянную во время нашего опыта, то понятно, что угол CDE также будет $= \alpha$; величину же перемещения параллельно берегу при второй волне m_1 мы найдем, опустивши перпендикуляр из точки C на продолжение линии DE; а так как $CD = a_1$, то

$$m_1 = a_1 \sin \alpha.$$

Разсуждая таким же образом относительно дальнейших волн, перемещающих камень последовательно в F, G, H, I, K, L и т. д., мы увидим, что конечная величина перемещения камня параллельно берегу при его движениях через все точки зигзагообразной линии от A до L будет равна сумме величин перемещения при каждой отдельной волне, т. е.

$$M = m + m_1 + m_2 + m_3 + m_4.$$

Подставляя в это уравнение вместо m , m_1 , и т. д. соответствующие им величины $a \sin \alpha$, $a_1 \sin \alpha$ и т. д. получим

$$M = a \sin \alpha + a_1 \sin \alpha + a_2 \sin \alpha + a_3 \sin \alpha + a_4 \sin \alpha$$

и отсюда

$$M = \sin \alpha (a + a_1 + a_2 + a_3 + a_4).$$

Из этого уравнения видно, что величина перемещения камня параллельно берегу зависит только от двух факторов: во-первых от величины угла α , образуемого гребнем волн с линией берега т. е. от направления ветра и, во-вторых, от суммы величин перемещения камня отдельными волнами по направлению к берегу; эти же величины a , a_1 и т. д. зависят, конечно, от силы отдельных волн, т. е. от силы ветра, предполагая, что на пути камня нет препятствий для его свободного движения и что уклон пляжа везде одинаков.

Величины b , b_1 , b_2 и т. д., выражающие движение камня под влиянием отливной воды волн по направлению, перпендикулярному к береговой линии, в наше уравнение не входят и, следовательно, как будто не оказывают влияния на перемещение параллельно берегу. Но в действительности они имеют такое влияние, так как от них зависит в известной степени величина a , a_1 , a_2 , и т. д.; но это влияние трудно поддается учету; так, напр., перемещение камня под воздействием отливной волны часто еще не окончилось, когда камень уже подхватывается новой наступающей волной. В некоторых случаях это влияние может сказаться очень сильно; допустим, напр. (фиг.2), что под влиянием двух слабых волн камень переместился из A в E, где его подхватывает более сильная волна; последняя могла бы, по своей силе, перекинуть его в точку F, но этому мешает береговой обрыв NO и камень доходит только до его подножия в G, потеряв таким образом расстояние GF и соответствующее ему перемещение параллельно берегу.

При различном уклоне различных частей пляжа в наше уравнение пришлось бы еще ввести величину угла этого уклона β , так как от нея, конечно, зависит величина перемещения a ; чем β больше, тем a будет меньше, так как тем больше вес камня будет противодействовать силе волны. Но введение этого фактора значительно усложнило бы наше уравнение и не входит в задачи нашей заметки. Нам достаточно констатировать следующее: перемещение валунов, гальки, гравия и крупного песка параллельно берегу:

- 1) обусловлено волнами, набегающими под косым углом;
- 2) происходит по зигзагообразной линии, состоящей из частей попеременно перпендикулярных гребню волны и береговой линии;
- 3) величина этого перемещения зависит:
 - а) от величины угла, образуемого волнами с береговой линией, т. е. от направления ветра;
 - б) от силы отдельных волн, т. е. от силы ветра;
 - с) от угла уклона части пляжа, по которой происходит это перемещение.

При изменении угла α , т. е. направления ветра, наше уравнение примет общий вид:

$$M = \sin \alpha (a + a_1 + a_2 + \dots + a_n) + \sin \alpha_1 (a^1 + a_1^1 + a_2^1 + \dots + a_n^1) + \sin \alpha_2 (a^{11} + a_1^{11} + a_2^{11} + \dots + a_n^{11}) + \dots + \sin \alpha_x (a^x + a_1^x + a_2^x + \dots + a_n^x).$$

Величины отдельных членов правой части этого уравнения могут быть больше или меньше в зависимости от продолжительности, ветра одного и того же направления и от его силы; при очень небольшой величине угла α или при очень слабой силе ветра отдельные члены могут быть близкими к нулю, т. е. по временам перемещение материала вдоль берега может почти прекращаться.

Насколько велико, теоретически, может быть это перемещение, показывает численный пример: пусть $\angle a = 30^\circ$, а величины a, a_1 равны 3, 5, 4, 6 и 7 арш., тогда

$$M = \sin 30^\circ (3 + 5 + 4 + 6 + 7) = \sin 30^\circ \cdot 25 = \frac{1}{2} \cdot 25 = 12\frac{1}{2} \text{ арш.},$$

т. е. под влиянием всего пяти волн камень передвинется на $12\frac{1}{2}$ арш. вдоль берега.

Если принять соответственные величины $b, \dots b_4$ равными 5, 3, 5, 6 и 4 арш., то полный путь, пройденный камнем под влиянием этих пяти волн по зигзагообразной линии окажется равным $25 + 23 = 48$ арш., т. е. почти в четыре раза больше его перемещения параллельно берегу.

Если волны будут идти под углом 45° к берегу, то принимая прежние величины для $a, \dots a_4$ мы получим

$$M = \sin 45^\circ \cdot 25 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 25 = 0,71 \cdot 25 = 17,75 \text{ арш.}$$

При величине $a = 60^\circ$, получим $M = 21,75$ арш. и наконец при величине $a = 90^\circ$; т. е. если волны движутся параллельно береговой линии, $M = 25$ арш. т. е. теоретически перемещение материала вдоль берега, при прочих равных условиях, должно быть наибольшим в случае волн, гребни которых перпендикулярны к береговой линии.

В действительности же волны, идущие в открытом море перпендикулярно к береговой линии, на пляже всегда оказываются косыми, так как благодаря трению нижних слоев воды о поверхность затопляемой части береговой зоны, участки этих волн, ближайšie к берегу, отстают в своем движении и гребень волны превращается в кривую, выпуклую в сторону берега (фиг. 3). Следовательно те части волн, которые образуют береговой прибой и обуславливают механическую работу на пляже, всегда будут направлены под углом a , меньшим, чем 90° и, вероятно, даже меньшим чем 60° .

Теоретические рассуждения наши о движении материала вдоль берега, конечно, подлежат многочисленным практическим поправкам.

Пляж, на котором разбиваются волны, не представляет ровной поверхности без препятствий, а состоит из того же более или менее грубого материала – валунов, гальки, гравия; поэтому движение каждого камня в отдельности далеко не свободно. И, действительно, мы можем наблюдать, что под воздействием волны перемещается далеко не весь материал данного участка пляжа, а только часть его; движению остальной части мешают разные препятствия. Кроме того движение каждого отдельного камня происходит с перерывами, часто очень продолжительными; например, после нескольких передвижений назад и вперед камень закатится в небольшую впадину или заклинится между двумя другими более крупными и т. п., так что целые десятки волн могут пройти через него, не двигая его с места; потом набегит более сильная волна и камень снова начинает двигаться.

Так, напр., из 15 кирпичных галек, за которыми я проследил в течение четверти часа, три были унесены первой же волной вглубь и вышли из района наблюдения; пять переместились за это время на небольшое расстояние параллельно берегу, именно от 3 до 10 шагов; четыре прошли от 11 до 20 шагов и только три от 25 до 40 шагов. Угол a при этих наблюдениях был около 30° , число волн в минуту в среднем 12, величина a при свободном движении камня 3–5 арш. и следовательно за 15 минут кам-

ни должны были бы пройти $\frac{15 \cdot 12 \cdot 4}{2} = 360$ арш. (принимая a в среднем 4 арш.), тогда как в действи-

тельности немногие (20%) из них прошли в 9–14 раз меньше, а остальные в 18–120 раз меньше.

Тем не менее в течение продолжительного промежутка времени перемещение материала вдоль берега несомненно должно достигать больших величин и иметь, следовательно, большое значение для образования прибрежных отложений. Поэтому можно удивляться, что этот вопрос до сих пор так мало разработан в геологической литературе и все руководства повторяют только фразу о разложении силы косой волны на две слагающие. Даже Рихтгофен, посвятивший много внимания вопросу о работе волн морского прибоя, говорит только, что при косой волне каждый камень получает, одновременно с ударом, стремящимся передвинуть его к берегу, второй удар, боковой****); таким образом он рисует себе способ перемещения камня, совершенно несогласный с действительностью.

Быстрота и направление перемещения материала параллельно берегу, а также количество перемещаемого материала, конечно, зависят от преобладания тех или других ветров у данного берега. Полное отсутствие такого перемещения мы можем представить себе только на таком берегу, где дуют исключительно ветры, перпендикулярные к направлению берега (или же ветры со стороны суши, которые не могут разводить большое волнение у берега и таким образом не оказывают влияния на то или другое перемещение материала). Но если хоть несколько раз в году дуют ветры косые или параллельные берегу, то неминуемо должно происходить и соответственное перемещение материала; чем больше таких ветров и чем они сильнее, тем это перемещение будет более значительным и тем больше массы материала будут перемещаться. При этом частые, но более слабые косые ветры должны оказывать меньшее влияние, чем более редкие, но сильные.

Остается еще вкратце рассмотреть вопрос, какое влияние оказывает изменение направления береговой линии на перемещение материала.

Можно предположить, что мысы, выдающиеся далеко в море, должны совершенно останавливать перемещение. В действительности это справедливо далеко не во всех случаях. Представим себе (фиг. 4) берег с сильно выдающимся мысом BCD; пусть в данной местности дуют, сменяя друг друга, морские ветры трех направлений, показанные стрелками *a*, *b*, *c*. На береговом участке АВ косые ветры *a* и *b* будут производить перемещение материала параллельно берегу от А к В, прямой же ветер *c* в этой работе участвовать не будет. Но, начиная от В на участке ВС роль ветров отчасти переменяется: *b* становится прямым и перестает принимать участие в перемещении материала вдоль берега; а остается косым (или, вернее, становится из параллельного косым) и продолжает перемещать материал от В к С; *c* из прямого делается косым, но так как он дует от С к В, то производимое им перемещение должно быть противоположно перемещению, обусловленному ветром *a*, т. е. материал, передвинутый ветром *a* от В к С, должен перемещаться от С к В под воздействием ветра *c*. Если ветер *c* с сильнее *a* или при более или менее одинаковой силе с *a* дует чаще последнего, то в конечном результате перемещение материала от В к С не произойдет, а в В будет скопиться большое количество материала, надвигающегося с одной стороны от А, с другой от С; поэтому бухта у В будет постепенно засыпаться и вместо входящего угла скоро получится кривая (показанная на фиг. 4 пунктиром). Если же преобладающим будет ветер *a*, то, несмотря на задерживающее влияние ветра *c*, материал будет перемещаться от В к С, но с замедленной скоростью и в уменьшенном количестве; бухта В и в этом случае будет постепенно засыпаться, но с меньшей быстротой.

В пункте С роль ветров для участка CD опять меняется; *a* и *b*, как дующие здесь от суши к морю, не будут иметь существенного влияния на перемещение материала; но с являющейся косым, обусловит передвижение от С к D как материала, обогнувшего оконечность мыса, так и образующегося на самом участке СО.

В D мы находим новую переменную ролей; *c* становится прямым и будет только способствовать накоплению материала в D; *a* и *b*, хотя и косые, но как дующие еще с суши, в D не могут еще оказывать заметного влияния и в результате в D во всяком случае должно получиться обмеление бухты и превращение входящего угла в дугу. Но, передвигаясь от D к Е, мы найдем, что роль ветров *a* и *b* будет все более усиливаться, так как влияние мыса на разводимую ими волну будет все более ослабевать, так что, чем ближе к Е, тем большее количество материала будет перемещаться вдоль берега, пока мы не получим условий, тождественных с условиями пункта А.

Из этого примера ясно, что выдающиеся в море мысы должны, в зависимости от преобладания тех или других ветров, или играть роль барьера, препятствующего дальнейшему перемещению материала вдоль берега и обуславливающего его скопление в обеих бухтах у основания мыса; или же только замедлять перемещение материала вдоль берега, также обуславливая засорение бухт, но более медленное.

Рассмотрим еще противоположный случай, когда береговая линия образует глубокую бухту BCD (фиг. 5). Предполагая наличие тех же трех ветров *a*, *b*, *c*, мы найдем перемещение материала от А к В под воздействием ветров *a* и *b*; на участке ВС *a* теряет значение, как дующий с суши, *a* и *b* будут производить перемещение материала от В к С. В пункте С ветер *a* по прежнему значению не имеет, *c* становится прямым *a* и *b* почти прямым и поэтому должно происходить накопление материала и постепенное засорение бухты; на участке CD *b* становится прямым, а постепенно, по мере приближения к D, усиливает свое влияние и перемещает все большее количество материала от С к D; но с противодействует ему и, как дующий с открытого моря (тогда как *a* с суши через бухту), производит более сильную волну, перемещая материал от D к С. В результате, если только *a* не преобладает значительно над *c* по силе и частоте, на участке CD должно происходить перемещение материала от D к С и засорение бухты и с этой стороны. Наконец на участке DE происходит перемещение от D к Е.

Таким образом глубокая бухта является, при той же комбинации ветров, более серьезным барьером, чем мыс, и прерывает передвижение материалов вдоль берега, поглощая этот материал; но благодаря этому поглощению ее роль является только временной. Когда бухта обмелеет и сократится (фиг. 6), она потеряет свое значение; волны моря, встречаясь с более спокойными водами мелкой бухты, в значительной степени теряют свою силу и в бухте волнение будет слабое; поэтому в пункте В из материала, передвигаемого от А к В, начнет воздвигаться коса по направлению к D, постепенно отрезающая бухту от моря; этот процесс образования косы (пересыпей, стрелок) поперек устья неглубоких заливов давно известен и рассматривается во всех руководствах, так что мы не будем останавливаться на нем. Эта коса со временем дойдет до D и совершенно отрежет бухту, превратив ее в озеро; если в бухту впадает какая нибудь речка, то сток воды в море будет бороться с полным отрезанием бухты, постоянно размывая косу на некотором протяжении; но и в этом случае передвижение материала далее вдоль берега не остановится, а только будет замедляться в месте прерыва косы.

Следовательно, и глубокие бухты в конце концов являются только временным препятствием для перемещения материала вдоль берега и, превратившись затем в мелкую, только несколько замедляют это перемещение, пока не засорятся окончательно.

Попытаемся теперь приложить вышесказанное к южному берегу Крыма, чтобы выяснить, в каком направлении материал должен перемещаться. Этот берег от Алушки до Феодосии имеет в общем направление от юго-запада на северо-восток (фиг. 7). По данным Ганна***** в Крыму мы имеем следующее распределение ветров по румбам в процентах:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Лето	5	8	25	13	7	13	21	8 %
Зима	11	18	25	11	7	9	11	8 %

Ветры N, NW и W для южного берега Крыма дуют с суши и, следовательно, не играют роли в перемещении материала; ветер SO направлен в общем перпендикулярно к береговой линии, так что может обуславливать перемещение материала только на отдельных участках — в бухтах и на мысах; поэтому мы можем исключить и его из нашего рассмотрения. Из остающихся ветров — косых и параллельных берегу — S и SW должны производить перемещение материала с юго-запада на северо-восток, т.е. от Алушки к Феодосии, а NO и O — обратно, от Феодосии к Алушке; но первые два ветра дают летом 20%, зимой 16% всей суммы ветров, а вторые летом 33%, зимой даже 43%, т.е. NO и O дуют летом в 1,65 раз, а зимой в 2,7 раз чаще чем S и SW и вместе с тем отличаются и большей силой. Следовательно, перемещение материала в конечном результате должно происходить от Феодосии к Алушке и поэтому вполне естественно, что среди валунов пляжа в Алуште и Ялте мы находим кристаллические породы, залегающие восточнее, напр.: в Алуште — мелафiry, дациты, андезиты и их туфы обнажающиеся в береговых обрывах Карадага (между Феодосией и Судакom), и кератофирь Кучук-узенья, а в Ялте — также кварцево-авгитовые диориты и порфиры горь Кастель и Аю-даг, кератофирь Ай-даниль.

Настоящая заметка была уже составлена, когда я нашел в Comptes Rendus небольшую статью Thoulet*****), рассматривающую тот же вопрос о перемещении материала вдоль берега и служащую ответом на вышеуказанную статью Вреон. Автор также приходит к выводу, что под влиянием косых волн материал перемещается параллельно берегу по зигзагообразной линии, напоминающей зубья пилы. По вычислениям Thoulet, на берегах северной Франции при 12-18 волнах в минуту перемещение параллельно берегу достигает не более 1 см. для каждой волны; принимая в соображение чередование ветров, он находит, что каждая песчинка, для того, чтобы передвинуться на какое либо расстояние вдоль берега, должна совершить путь минимум в 8000 раз более длинный при своих перекачиваях назад и вперед. Автор говорит, что в Ламанше перемещение происходит с W на O и что песок из материала кристаллических пород Бретани, нахождение которого в Берке для Вреон, а оставалось загадочным, принесен именно с W, т.е. из Бретани, постепенным перемещением вдоль берега, не взирая на все изгибы последнего.

Но так как в статье Thoulet, объемом всего в 2 страницы, способ передвижения материала параллельно берегу рассматривается слишком кратко, то я полагаю, что моя заметка и после появления этой статьи сохраняет свое значение для разъяснения вопроса.

г. Томскъ,
19 февраля 1908 г.

*) Курсивъ, мой.