

УДК; 356.5

В.Я.Илюшин, к.г.н., Т. Н.Полубок, асп.

Одесский государственный экологический университет

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ В КЕРЧЕНСКОЙ БУХТЕ ПО НЕПОЛНЫМ СВОЙСТВАМ ДОННЫХ ФАЦИЙ

Рассмотрены особенности физических свойств илистых грунтов, образующих на поверхности мелководного морского дна зоны разных фаций: илистых, ракуши, детрита ракуши, дресвы и позволяющие проследить гидродинамические ситуации, воссоздающие 40-50-летние стабильные циркуляции в Керченской бухте.

Ключевые слова: фация, физические свойства, донный грунт, ил, бухта, циркуляция

Постановка проблемы. Научный интерес к гидродинамическим ситуациям и их связь с седиментогенезом обусловлен многими причинами. Во-первых, общей недостаточной изученностью этих процессов в мелководной части моря. Во-вторых, в Керченском проливе бухта является районом разгрузки наносов, ключевым участком для исследования поставки осадочного материала из областей их источников. В-третьих, необходимостью изучения климатических изменений природной среды для более разностороннего прогнозирования изменений процессов на дне бухты, в определенной мере предопределяющих перспективу хозяйственного развития региона. Все эти вопросы невозможно решать без детального изучения поступления наносов в бухту от источников: путей их транзита, физических свойств твердых осадков, условий и масштабов седиментации в бухте, особенностей деформации морского дна. Решение этих задач не может быть исполнено в рамках одной статьи. Вопросы накопления, транзита и эрозии морского дна в Керченском бухте и проливе уже частично рассмотрены в работах [1,2].

Цель статьи. Задачей данного исследования является уточнение особенностей циркуляции вод и путей транзита наносов в бухте, мелкодисперсной и других фракций с использованием физических свойств поверхностного слоя донных грунтов, обуславливающих заносимость подходов морских каналов к Керченскому морскому торговому порту и всей Керченской бухты и составляющих затратную часть бюджета порта на ремонтное землечерпание в акваториях порта и в морских каналах. Пути движения наносов и циркуляции вод в Керченской бухте частично рассмотрены в работах [3,4].

Объект исследования - Керченская бухта, физические свойства мелкодисперсной (тонкодисперсной) и других фаций донных грунтов, как возможных гидродинамических трассеров циркуляций воды в бухте.

Методы исследования. Использовались, во-первых, - метод картографирования различных составляющих грунтов дна бухты, применяемый в географии и геологии, и редко для мелководных акваторий в океанологии и гидрологии [4] и, во-вторых, - фаціальний анализ, исполненный в неполном объеме, разработанный в литологии при рассмотрении вопросов осадконакопления и формирования горных пород земной коры [5-10]. Фаціальний анализ применялся по неполным данным о фациях в Керченской бухте.

Понятия “фация”, “фаціальний анализ”, рассматривается по геологическим, преимущественно литологическим литературным источникам, не часто

встречающиеся в гидрологических и океанологических публикациях последних десятилетий.

Фации осадочные (*facies* - лицо, облик, вид) - результат обстановки осадконакопления (современных или древних), овегцествленные в осадке. Обстановку осадконакопления можно охарактеризовать с точки зрения физико-географической (климат, ландшафт), топографической - обстановки седиментации (на поверхности суши или на дне водного бассейна), динамики и физико-химических условий среды, условий существования водных организмов. Фации обычно определяются по большому перечню показателей и комплексу генетических признаков.

В настоящее время широко распространено два направления в понимании «фаций». Сторонники одного считают, что фации — определяются физико-географическими условиями. Сторонники другого под фацией понимают осадочные породы, обладающие различными особенностями, указывающими на условия их накопления. Это разграничение в значительной мере условно, так как по особенностям осадков мы судим об условиях их накопления и только при изучении современных осадков можем наблюдать среду - физико-географические условия осадконакопления. Не менее важно и то, что анализ одной физико-географической обстановки осадкообразования обычно дает возможность выделять только более крупные фации (макрофации) или зоны их накопления в бассейне. При проведении же углубленного **фациального анализа**, имеющего целью выявление особенностей и разнообразия крупных фациальных зон и выделение микрофаций, необходимо рассматривать большой комплекс фациальных признаков, в частности учитывать характер фауны, а также особенности и вещественный состав самих осадков (Марченко, 1962). Сейчас насчитывается более сотни самых различных определений понятия “фация”, данных многочисленными авторами (“Геология и математика”, Новосибирск, 1967).

Приведем некоторых из них. Э. Ог (1914) “под именем геологической фации мы понимаем совокупность литологических и палеонтологических особенностей слоя в определенном месте”, Жемчужников (1948) и Рухин (1953, 1958) понимали под фацией совокупность признаков самих осадков и условий их образования. При этом Рухин считал, что “фация — понятие более широкое, чем физико-географическая обстановка образования осадков”. По Д. Наливкину — фация (точнее микрофация) это аналог биологического вида — единая литологически, фаунистически и по условиям образования. По Роду фации образуют формации: континентальную, переходную и морскую. Допустимо называть любую группу фаций — комплексом фаций. Нельзя называть фацией породы (грунты) разнородные по составу, фауне и условиям образования. Фация, это “осадок (горных пород), на всем протяжении обладающий одинаковым литологическим составом и заключающий в себе одинаковую фауну и флору”. Д. Наливкин (1955) справедливо указал, что “фация — это не только осадочные породы, т. е. литологическое понятие, но одновременно определенная однородная часть суши или моря, т. е. географическое или палеогеографическое понятие”. Теодорович (1958) отметил, что “понимание фации только как совокупности литологических и палеонтологических признаков, отличий, или только как условий образования осадков, или, наконец, только как участка земной поверхности, т. е. единицы ландшафта, обедняет ее содержание”. Во II издании БСЭ дано следующее определение фации: “термин «фация» наиболее часто употребляется для обозначения физико-географической среды, в которой в прошлом возникла та или иная порода (или комплекс). Однако при этом, говоря о той или иной фации, т. е. разновидности среды образования породы или комплекса пород, всегда подразумеваются те осадки, которые возникают в этой среде, со всеми их типичными петрографическими и палеонтологическими особенностями”. Крашенинников (1971) трактует фацию в

большом объеме и называет ее “комплекс отложений, отличающихся составом и физико-географическими условиями образования от соседних отложений того же стратиграфического отрезка”. Он подчеркивает, что методически очень важно признание единства между физико-географической средой и образующимися в этой среде осадками.

Ретроспективное рассмотрение литературных источников подтверждает, что важнейшими критериями при диагностике распределения различных фаций можно считать:

- 1) характер распределения органического мира и экологических условий среды;
- 2) особенности структур и текстур осадка части морского дна;
- 3) гидродинамическую активность среды, в которой формировались фации.

Из приведенного анализа факторов формирующих фации, видно, что для диагностики разных фаций по образцам донного грунта в Керченской бухте, требуется рассмотрение циркуляций в бухте. С этой целью лучше всего использовать один из ведущих факторов формирования фаций - **гидродинамическую активность водной среды**. Уточним, что распределение фаций это следствие гидродинамической активности среды; гидродинамическую активность среды (т.е. *причину формирования особенностей фаций*), поэтому, правомерно также определять по распределению этих фаций на морском дне бухты. Будем использовать известный логический прием – оценивать причину (гидродинамическую активность среды) по результату этой активности - распределению на морском дне характерных фаций - ила глинистого, ила суглинистого, ила супесчаного, ракуши и детрита ракуши, дресвы. Физические свойства донных грунтов специалисты замечали в пробах с поверхности морского дна Керченской бухты в первую очередь; рассматриваемые свойства грунтов с этой целью используются впервые. Важно то, что эти описания предвзяли определения гранулометрического состава образцов в лаборатории, используемые нами в обобщенном виде в [4]. Материал о физических свойствах донных грунтов использован с целью выявления особенностей циркуляций в Керченской бухте по распределению донных фаций в бухте. Отметим так же, что для полной оценки необходимо было использовать также и такие свойства фаций как окатанность частиц (степень их окатанности при движении от источников), химический состав, структура отложений и др.; в нашем случае “фации” понимаются как отложения грунтов одного сорта, сформированные устойчивыми гидродинамическими ситуациями. В статье использовались преимущественно мелкодисперсная составляющая донных осадков - главным образом илы с одинаковыми физическими свойствами, также детрит ракуши и ракуша, дресва. Поскольку полных данных о фациях не имеется, их распределение на поверхности морского дна бухты являются предварительными, не вполне точными.

Термин «ил» обычно относится к взвешенным и осажженным частицам размером менее 0.01 мм, однако в морской геологии его часто применяют к любому вязкому мелкозернистому осадку. Понятие ил морской используется как в узком смысле, применительно к осадкам морей и их прибрежных мелководных зон, так и в широком – к осадкам всего Мирового океана [5-14]; при этом в это понятие (ил морской) включаются и океанические илы. В естественных условиях морской ил (тонкодисперсный в геологии и мелкодисперсный в гидрологии [4]) - это водонасыщенный неконсолидированный осадок в морских водоемах, который при высушивании приобретает свойства твердого тела. Поэтому нормативными документами при доставке образцов в лабораторию предписывается ограничение времени доставки для их лабораторных исследований после отбора на водном объекте, в противном случае пробы бракуются [4]. Морской ил является начальной формой образования разных типов осадочных пород. В морских бассейнах в

зависимости от их размеров, морфологии дна, климатических и др. факторов, ил морской состоит из материала различного генезиса: терригенного, биогенного, хемогенного (выпадающего из морской воды), вулканического, выбрасываемого грязевыми вулканами, имеющимися в Керченском проливе. В литературных источниках подчеркивается, что ил морской накапливается, как правило, на значительном удалении от берега в относительно глубоководных котловинах и впадинах, в процессе длительного осаждения тонкодисперсного материала, где отсутствует волнение, заметное течение и т.д. В мелководной Керченской бухте наиболее широко распространены терригенные илы, состоящие из глинистых частиц, снесенных в нее стоком рек Кубань и др., формируемые также возвратно-поступательными течениями в проливе, а также ветром, волнением и т.п. Вокруг поднятий дна и в зонах морских течений илы морские сменяются грубозернистыми осадками. В искусственных выемках (портовых акваториях, морских каналах и т.д.) терригенные илы обращаются в биогенные осадки, сложенные преимущественно минеральным органическим веществом. К биогенным илам относятся также кремнистые, сложенные в значительной степени аморфным кремнеземом (40-50%), в виде панцирей диатомовых водорослей, их обломков и карбонатные, состоящие более чем на 30% из углекислого кальция, в виде раковин фораминифер и их обломков. Хемогенные илы морские развиты в основном в некоторых морях аридной зоны (где испарение существенно превышает осадки) и имеют преимущественно карбонатный состав. Вулканические морские илы представлены смесью терригенного или органического материала с переменным количеством вулканического пепла, [12,13]. По гранулометрическому составу – это мелкоалевритовый, алевритопелитовый, пелитовый ил. Ил - начальная стадия формирования многих осадочных пород. Иногда илы сильно обогащены органическим веществом (сапропель), разложение которого вызывает сероводородное заражение или развитие гнилостных процессов («гнилой ил»); морской осадок, содержащий 30-50% тонких, чаще всего глинистых частиц. Ил обычно редко превышает указанный размер - 0,01 мм; в подобном случае этот сыпучий материал называется алеврит, размером 0.1-0,01 мм. Отдельные песчинки данного материала неразличимы; при взмучивании дает быстро осаждающуюся муть. При определении физических свойств - растирании между пальцами грунт не мажет.

Когда частиц размером 0.01 мм содержится 5-10%, грунт образует рыхлые и рассыпчатые комки, при взмучивании муть осаждается медленно и при растирании между пальцами грунт слабо мажет – это *илистый песок*.

В *глинистом иле* глины 50% и более. Такой ил пластичен, скатывается в тонкие, гибкие колбаски. На ощупь маслянистый, липнет к пальцам, высыхая, плотно цементируется в один комок.

При определении физических свойств в полевых условиях *ил* пластичен, нередко скатывается в негибкие, легко ломающиеся колбаски. При растирании между пальцами мажет. Отдельные частицы не ощущаются. В таком понимании термин «ил» применяют главным образом для обозначения грунтов на морских навигационных картах. По консистенции иловый грунт делится на следующие группы:

1. Жидкая (консистенция сметаны) - грунт растекается.
2. Полужидкая (расплывающаяся) - грунт слегка расплывается, но не растекается.
3. Мягкая - грунт не расплывается - палец легко вдавливается в грунт.
4. Плотная - палец с трудом вдавливается в грунт.
5. Очень плотная - палец не вдавливается, грунт с трудом режется ножом.

Пластичность и вязкость грунта можно классифицировать по следующим вспомогательным признакам:

1. Вязкий - сильно налипает на нож, липнет к пальцам.

2. Пластичный - легко принимает и сохраняет придаваемую ему форму.
3. Рассыпающийся - при надавливании пальцем рассыпается на отдельные комочки.

Составом морских отложений управляют три основных фактора. Первый фактор - удалённость от основных массивов суши, которая влияет на количество вынесенной в море материковой породы. Второй фактор - глубина воды, сказывается на сохранности кремнистых и известковых биогенных частиц, эти частицы чрезвычайно медленно оседают на дно. Заключительный фактор - плодородие моря, сказывается на объёме биогенных частиц, произведенных в поверхностной толще воды.

Исходные данные. Исходными данными являются результаты визуальных описаний физических свойств грунтов, отобранных в Керченской бухте (по густой сетке в 2001-2002 гг., предшествующие их лабораторному анализу на гранулометрический состав). Карта отбора проб с морского дна бухты показана на рис.1.

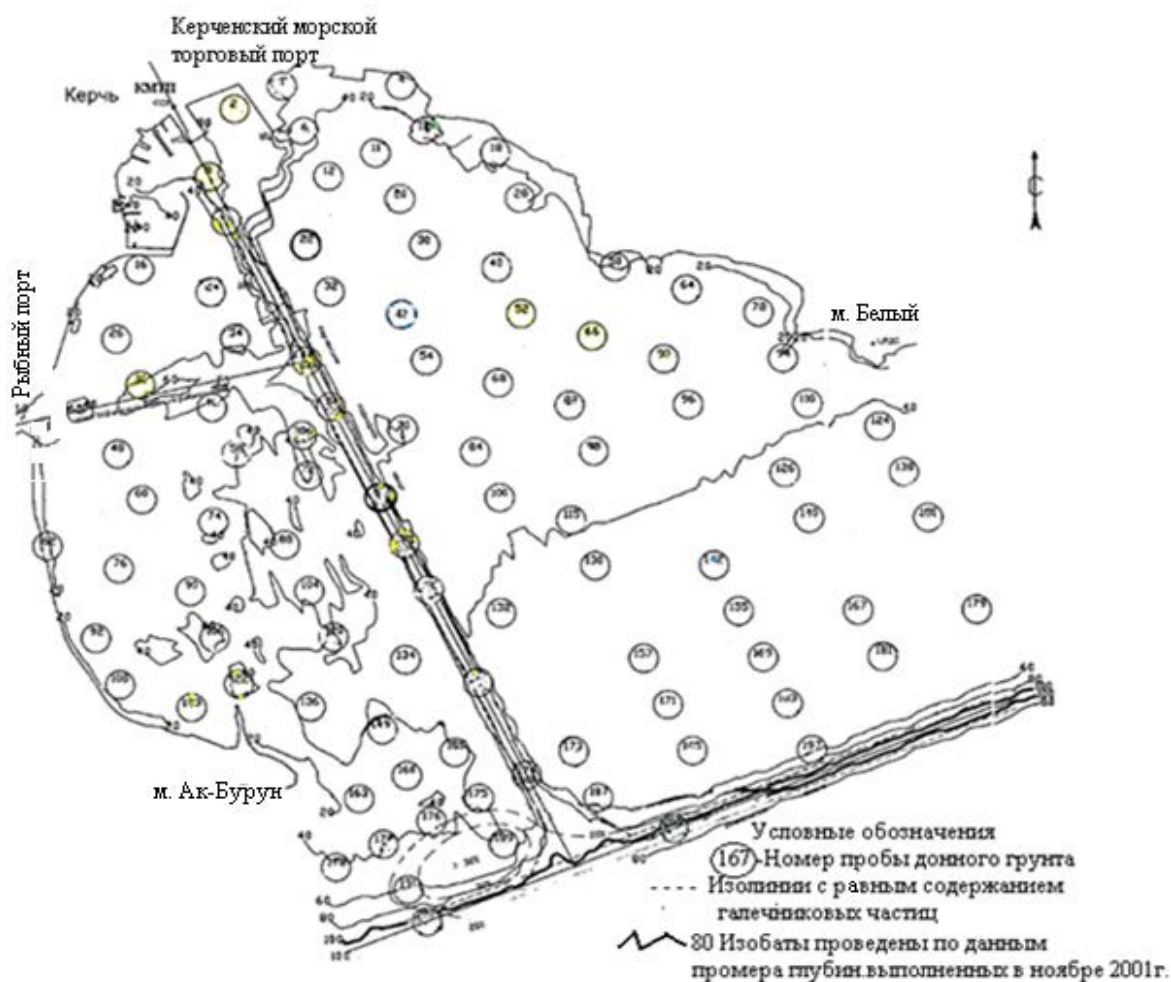


Рис.1 - Карта отбора проб с морского дна Керченской бухты в узлах стандартной сетки (бракованные пробы на карте не показаны). КМТП – Керченский морской торговый порт

Описание грунтов и определение их гранулометрического состава проводилось в геотехнической лаборатории инженерных изысканий ЧерноморНИИпроекта (г.Одесса), в соответствии с действующими нормативными документами. При этом визуальные

определения физических свойств грунтов в конкретных пробах еще ни разу в публикациях не рассматривались и при анализе гранулометрического состава никак не учитывались. Более подробное описание особенностей отбора проб грунта в бухте и их исследование в геофизической лаборатории приведено в статье [4].

Ниже приводится перечень осадков морского грунта, отобранного с поверхности дна Керченской бухты, положенных в основу фацеального анализа, далеко не полного по его возможностям из-за отсутствия необходимой информации. Использовались фации: детрит ракуши, ракуша, илы с различными физическими свойствами, дресва.

Результаты исследований. Рассматриваются фации поверхностных грунтов дна Керченской бухты: отложения последних 50-ти лет, отобранные трубкой ГОИНа толщиной слоя 5-10 см (в зависимости от плотности грунтов). В перечне проб детрита ракуши, в табл. 1, показанной ниже: в числителе записан порядковый номер взятых в бухте проб, оставшихся после их критического анализа (т.е. пригодных для исследования гранулометрического состава наносов), в знаменателе - номер той же пробы, внесенной в журнал регистрации в геотехнической лаборатории ЧерноморНИИпроекта, включая и те из них, которые не анализировались на гранулометрический состав по техническим причинам (проба разрушена, потеряна ее естественная пластичность, недостаточная навеска пробы и др.). Всего забракованных проб 49. В перечень проб содержащих детрит ракуши (табл.1) входят также и те из них, которые не анализировались на гранулометрический состав. Общее их количество - более двухсот образцов. Детрит ракуши присутствует во многих пробах, как дополнение к основному грунту, определяющему название пробы. Детрит (от латинского *detritus* – истертый) – органогенный обломочный материал в различных осадках. Детрит образуется из фрагментов тканей растений, раковин, скелетных частей животных и их выделений. По степени раздробленности детрит разделяют на тонкодетритовый и грубодетритовый [11].

Таблица 1 - Номера проб содержащих детрит ракуши

<u>2</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>9</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>21</u>	<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>32</u>	<u>33</u>	<u>34</u>	<u>35</u>	<u>36</u>	<u>38</u>	<u>39</u>	<u>40</u>
4	6	12	18	22	24	26	28	30	42	50	52	54	60	62	64	66	68	70	72	76	78	80
<u>42</u>	<u>44</u>	<u>45</u>	<u>46</u>	<u>47</u>	<u>50</u>	<u>52</u>	<u>53</u>	<u>55</u>	<u>56</u>	<u>58</u>	<u>59</u>	<u>60</u>	<u>61</u>	<u>62</u>	<u>63</u>	<u>64</u>	<u>65</u>	<u>66</u>	<u>67</u>			
84	88	90	92	94	100	104	106	110	115	120	122	123	124	126	130	132	134	136	138			
<u>68</u>	<u>71</u>	<u>72</u>	<u>75</u>	<u>76</u>	<u>77</u>	<u>78</u>	<u>81</u>	<u>83</u>	<u>84</u>	<u>85</u>	<u>86</u>	<u>87</u>	<u>88</u>	<u>90</u>	<u>91</u>	<u>92</u>	<u>93</u>	<u>94</u>	<u>95</u>			
140	149	151	160	161	163	167	173	175	176	177	178	179	181	185	187	189	191	197	205			

Ниже, в перечне других типов фаций, табл.2, указаны только номера проб принятых для гранулометрического анализа. Таких проб всего 99, рис.1. В восьми пробах, принятых для гранулометрического анализа, доминирующие грунты не выявлены (их в пробе должно быть больше 50%).

Таблица 2 – Номера проб содержащих более других осадков ракушу

6, 9, 12, 14, 21, 25, 31, 38, 52, 61, 64, 67, 69, 71, 75, 76, 77, 83, 84, 85, 86, 92, 93, 95.

В табл. 3 рассматриваются иловые фации с различающимися физическими свойствами. В геологии моря их принято называть морскими грунтами, в гидрологии – морскими осадками. Морским осадком называют осадок, содержащий 30-50% тонких частиц размером менее 0,01 мм. Некоторые илы (озерный, прудовой, лагунный, лиманный) используют в медицине (грязелечение) [11], как удобрение и для минеральной подкормки животных. Ил – тонкодисперсный или мелкодисперсный, водонасыщенный неуплотненный осадок, образующийся на дне водоемов. Ил начальная стадия формирования многих осадочных пород. В естественных условиях обладает текучестью. Различают ил морской и континентальный (озерный, болотный); по генезису – терригенный (глинистый и др.), биогенный (диатомовый, глобигериновый, радиоляриевый и др.), хемогенный (карбонатный и др.), вулканогенный (обогащенный вулканическим пеплом); по гранулометрическому составу – мелкоалевритовый, алевритопелитовый, пелитовый. Иногда илы сильно обогащены органическим веществом (сапропель), разложение которого вызывает сероводородное заражение или развитие гнилостных процессов.

Таблица 3 – Номера проб содержащих ил глинистый серый, ил суглинистый серый, ил супесчаный серый

Характеристика проб	Номера проб														
	2	7	28	33	35	36	37	40	42	43	45	48	50	51	53
Пробы,содержащие ил глинистый серый	54	56	57	59	60	68	70	72	82	97					
	5	8	10	15	16	19	20	23	37	39	44	49	55	58	62
Пробы, содержащие ил суглинистый серый	63	65	66	73	74	78	80	81	90	91	96	98	99		
	3	11	13	17	24	30	32	34	46	47	87	88	89	94	
Пробы, содержащие ил супесчаный серый															

В отобранных пробах присутствуют илы с различными физическими свойствами. Кроме преобладающих продуктов взвешенного в воде твердого материала, в состав континентального ила могут входить приносимые ветром с суши тончайшие пылеобразные частицы вулканического или наземного происхождения, а также известковые частицы — остатки раковин морских организмов. Хотя континентальный ил довольно однообразен, однако, в нём удается наблюдать ил различной окраски. Серый ил – бывает в случаях, когда в нем присутствуют мелкие частицы диатомовых и др. водорослей нескольких разновидностей; может наблюдаться также преобладающий голубой ил, тонкий осадок с запахом сероводорода, состоящий, главным образом, из зерен кварца, минерала глауконита, глинистых и известковых частиц; зелёный ил, ещё более богатый глауконитом, от которого и зависит, вероятно, его окраска - наблюдается в областях наиболее медленного образования осадка, и, наконец, красноватый ил - наименее распространенный, обязанный своей окраской значительному содержанию окиси железа в виде охры и лимонита. В формировании ила активное участие принимают бактерии, перерабатывающие глины и др. горные породы.

Правилom является то обстоятельство, что с удалением от берега крупность зерна прибрежных донных осадков постепенно уменьшается: ближе к берегу отлагаются гальки и валуны, затем гравий, дресва, ракуша, песок, иловатый песок и, наконец, ил. Поэтому по характеру осадка прибрежные отложения легко разделить на две зоны —

ближайшую к берегу песчаную, состоящую из валунов, гравия, дресвы, раковин, и более удаленную зону континентального ила.

В Керченской бухте такая закономерность нарушается; подобная особенность отмечается так же и в [15]. В бухте наиболее широкое распространение имеют терригенные илы, состоящие из глинистых частиц, снесенных в водоем стоком рек и принесенные азовскими и черноморскими водообменными течениями, ветром и т.п. В сторону берега или вокруг поднятий дна илы сменяются грубозернистыми осадками. При удалении от берега терригенные илы переходят в биогенные осадки, сложенные преимущественно минеральным органическим веществом. К биогенным илам относятся также кремнистые, в виде панцирей диатомовых водорослей и их обломков, и карбонатные, состоящие более чем на 30% из углекислого кальция, в виде раковин фораминифер и их обломков. Хемогенные илы имеют преимущественно карбонатный состав, особенно развиты в аридных зонах (в таком регионе находится Керченская бухта). Вулканические илы морские представлены смесью терригенного и органического материала, с переменным количеством вулканического пепла [11-14]. Исходя из состава иловых отложений, их подразделяют иногда на глинистые илы, известково-глинистые, кремнисто-глинистые илы, вулканические илы.

В Керченской бухте характер отложений морских осадков в значительной степени определяется их источниками: вынесенными реками обломочными частицами породы; образованными морскими организмами осадки (микроскопические известковые или кремнистые раковины зоопланктона, моллюсков, скелетные части прочих морских обитателей); органические растительные осадки и продукты разложения мягких тканей животных; химические вещества, осажденные из морской воды в виде кристаллов и коллоидных сгустков, наряду с сорбированными ими элементами; следы метеоритной пыли, вулканический пепел и грязевой вулканический материал и т.д. Илы малой плотности, как будет показано ниже, большей частью сосредоточены в зонах искусственных выемок - подходных морских каналах Керченского морского торгового порта и Рыбного порта, акваториях портов и др.

Особенностью поверхности морского дна Керченской бухты является наличие корочки на обломочном осадке морского дна. Корочка формируется в ходе седиментации на донную поверхность осадка глинистых и др. цементирующих частиц [6]. Отсутствие цементации определяется по наличию дресвы в пробах донного осадка. Дресва - это рыхлые продукты выветривания горных пород. Состоят из остроугольных нецементированных обломков пород или минералов различной мерности. Чаще всего сосредоточены непосредственно вблизи выходов этих пород; отмечаются в бухте вблизи берега, в местах отбора проб (табл.4).

Таблица 4- Номера проб содержащих дресву, ракушу, детрит ракуши

4	Ракуша, детрит ракуши, дресва
28	Ракуша, детрит ракуши, дресва
50	Ракуша, детрит ракуши, дресва
62	Ракуша, детрит ракуши, дресва
76	Ракуша, детрит ракуши, дресва
177	Ракуша, детрит ракуши, дресва
205	Ракуша, детрит ракуши, дресва

Гистограммы распределения ракуши и детрита ракуши показаны на рис.2,3. Повторяемость встречаемости (частота) фаций на поверхности дна бухты рассмотрена в зависимости от интервала изменчивости содержания в пробах отдельных фаций,

принятых в качестве случайных величин. Переменные величины при построении гистограмм (встречаемость осадочного грунта в пробе и их повторяемость в массиве данных), выражены в процентах.

В пробах грунтов с поверхности дна Керченской бухты максимальные значения встречаемости детрита ракуши и просто ракуши, находятся в образцах донных отложений в пределах интервала 10.1-15.0%. Для детрита ракуши гистограмма двухмодальная (рис 2), второй максимум находится в интервале 20.1-25.0%. Максимальные значения в пробе числа случаев встречаемости детрита ракуши 19%, а ракуши 50%.

Достоверность числа случаев попадания в интервалы в пробах различных типов донных грунтов неодинаковая, поскольку зависит от объема их выборок: объем выборки детрита ракуши 47 из 149 случаев, а ракуши существенно меньше – 8. Поэтому понятно, что для возможности сравнения получаемых гистограмм, число случаев попадания в интервалы необходимо исчислять в процентах от общего числа случаев каждой выборки.

В распределении по акватории бухты максимальных и минимальных значений анализируемых фаций никаких закономерностей не выявлено, хотя двухмодальность гистограммы детрита ракуши прямо указывает на существование двух ведущих источников формирования донного грунта.

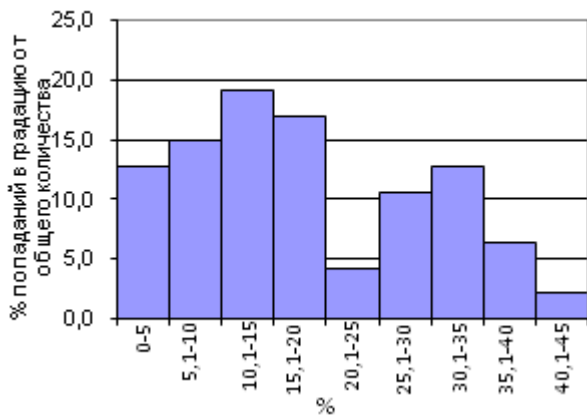


Рис.2 - Повторяемость в % распределения на поверхности дна Керченской бухты **детрита ракуши**, в зависимости от содержания в пробе в % этой фации

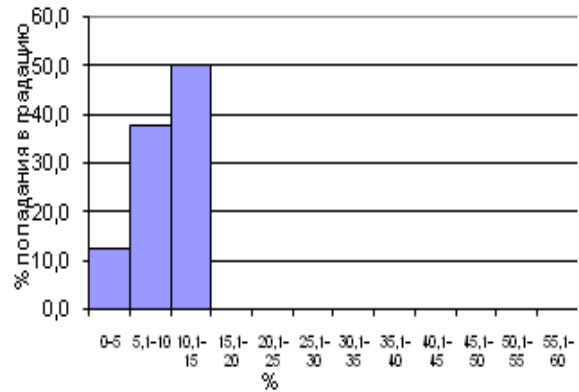


Рис.3 - Повторяемость, в %, распределения на поверхности дна Керченской бухты **ракуши**, в зависимости от содержания в пробе в % этой фации



Рис.4 – Гистограммы встречаемости **илистых отложений** на дне Керченской бухты: слева направо: а - ила глинистого, б - ила суглинистого, в - ила супесчаного

Двухмодальный график гистограммы детрита ракуши может отражать:

- два места размыва береговой зоны бухты (точечных источника детрита ракуши), расположенные в западной и северо-восточной частях; остальная часть 26-ти километровой береговой зоны бухты укреплена от размыва бетоном;

- два гидродинамических источника циркуляции вод в бухте, обусловленные азовским и черноморским потоками в проливе.

Гистограммы фаций илистых отложений на дне Керченской бухты изображены на рис. 4. Ил глинистый серый на дне бухты в пробах наблюдается от 0 до 60%, ил суглинистый серый от 10% до 30%, ил супесчаный серый от 0 до 15%. Все частотные характеристики илистых фаций одномодальные. Главная особенность графиков – их моды расположены на оси шкалы повторяемости в различных местах. Модальное значение ила глинистого находится в градации 30.1-35%, ила суглинистого 20.1-25%, ила супесчаного 0-5%. Максимальная встречаемость этих фаций также неодинаковая – ила глинистого 28%, а ила суглинистого и супесчаного одинаковая - 43%. Проверка распределения максимальной встречаемости илистых образцов грунта на акватории бухты имеет такой же результат встречаемости как для ракуши и детрита ракуши, т.е. имеет случайный характер их места распределения на дне бухты. Исключением является ил глинистый – его максимальное накопление чаще в искусственных выемках или около них. Объем выборок, из общего массива 99 проб, - соответственно 25,28,14.

Анализ распределения осадков (фаций), которые можно использовать как трассеры повторяющихся чаще всего гидродинамических ситуаций в Керченской бухте показаны на рис. 5-9, и комментарии к ним приваеден в тексте ниже.

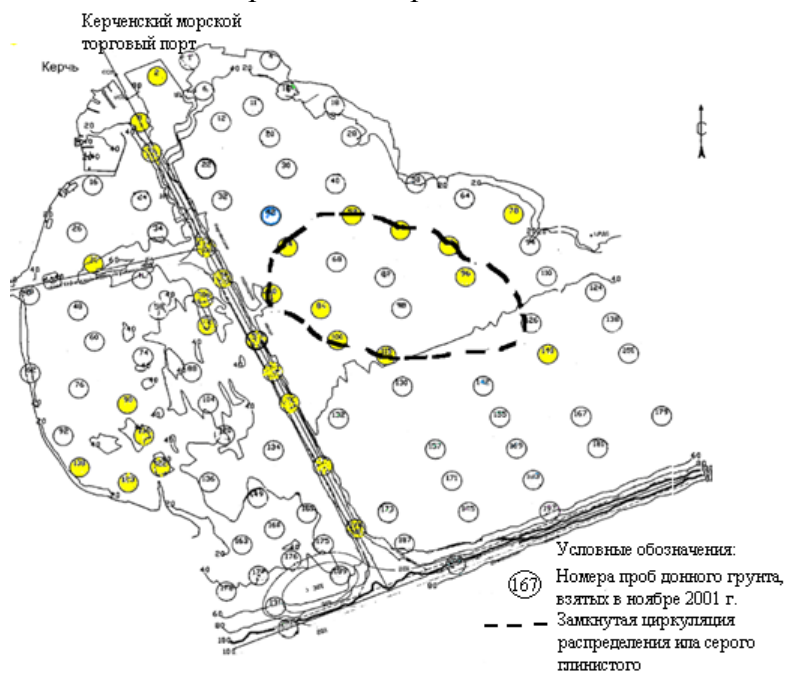


Рис.5 - Распределение **ила глинистого серого** на поверхности дна Керченской бухты по данным отбора проб трубкой ГОИНа в узлах стационарной сетки в 2001-2002 гг.

Выводы из анализа картины распределения ила глинистого на рис. 5:

1. Подтверждается замкнутая циркуляция справа от подходного канала до КМТП. Замкнутая циркуляция расположена в том же месте, что и на рис.9, взятого из работы [4].
2. При рассмотрении рис.5 необходимо мысленно убрать все точки, обозначенные в подходном канале к Керченскому морскому торговому порту, в акватории

самого порта и в подходном канале к Рыбпорту; в этом случае замкнутая циркуляция четко прорисовывается. Заносимость морских каналов и портовых акваторий глинистым илом нужно исключить из рассмотрения - генезис этих отложений имеет другое происхождение [16].

3. Сосредоточение ила глинистого в левой прибрежной части бухты, севернее мыса Ак-Бурун, выделяется в отдельный фациальный элемент. Здесь обнаруживается микрофация, обусловленная морфологическими особенностями дна и наличием мыса, см. рис.1. Это хорошо подтверждается также рис.12, взятым из работы [4].
4. Циклоническую циркуляцию азовских вод, показанную в [4], вероятно, следует считать как не подтверждающуюся распределением физических свойств грунтов и донных фаций в Керченской бухте.

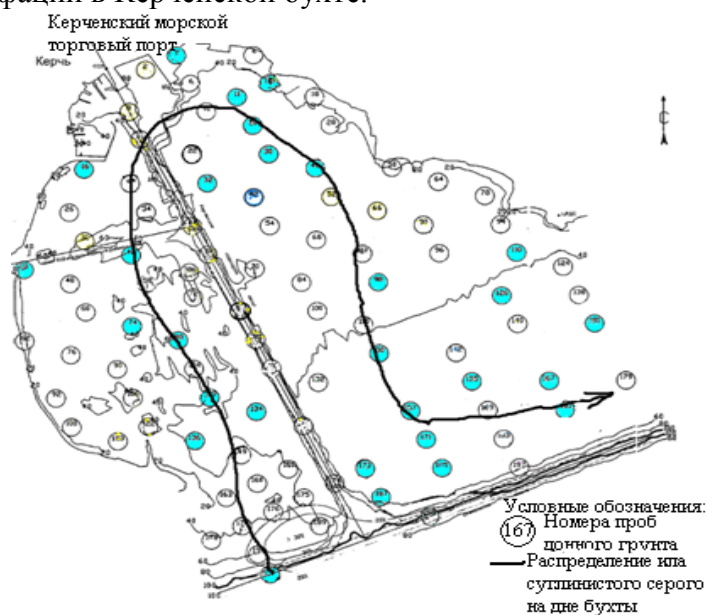


Рис. 6 - Распределение ила суглинистого серого на поверхности дна Керченской бухты по данным отбора проб трубкой ГОИНа в узлах стационарной сетки в 2001-2002 гг.

Распределение ила суглинистого серого на поверхности дна Керченской бухты, показанного на рис.6, позволяет заключить:

1. Распределение фации ила суглинистого в общих чертах подтверждает антициклоническую циркуляцию черноморских вод в бухте, вытекающих через пролив между Тузловской дамбой и о.Тузла, показанных на рис.7.

2. Фация ила суглинистого рис.4б подкрепляет наличие антициклонического черноморского потока из Динского залива, лучше прорисованного на рис.13, взятого из работы [4], и подкрепленного математическим моделированием дрейфовых течений по густой расчетной сетке в бухте при штормовых ветрах больше 14 м/с, [16].

Особенности распределения ила супесчаного серого на поверхности дна Керченской бухты, по данным картинки на рис.7, позволяют утверждать:

1. Распределение фации ила супесчаного согласуется с рис.14, взятым из работы [4].

2. Подтверждаются циркуляции:

- циклоническая циркуляция азовских вод, затухающая в центральной части Керченской бухты;

- циклоническая циркуляция черноморских вод, вытекающих через пролив между российской Тузлинской дамбой и украинским о.Тузла в Динский залив и далее в

Керченскую бухту. Этот черноморский поток теряет свою силу при подходе к мысу Ак-Бурун; возможно является причиной сосредоточения микрофауны ила глинистого, рис.4а.

3. Затухающая циклоническая циркуляция формирует микрофауны ила глинистого в левой половине прибрежной зоны (см. рис.12).

4. Циклонический поток, показанный пунктирной линией на рис 7, выходящий из Динского залива, возможно, не имеет разгрузки в Керченский пролив. Этот факт не имеет надежного обоснования также и в работе [4].

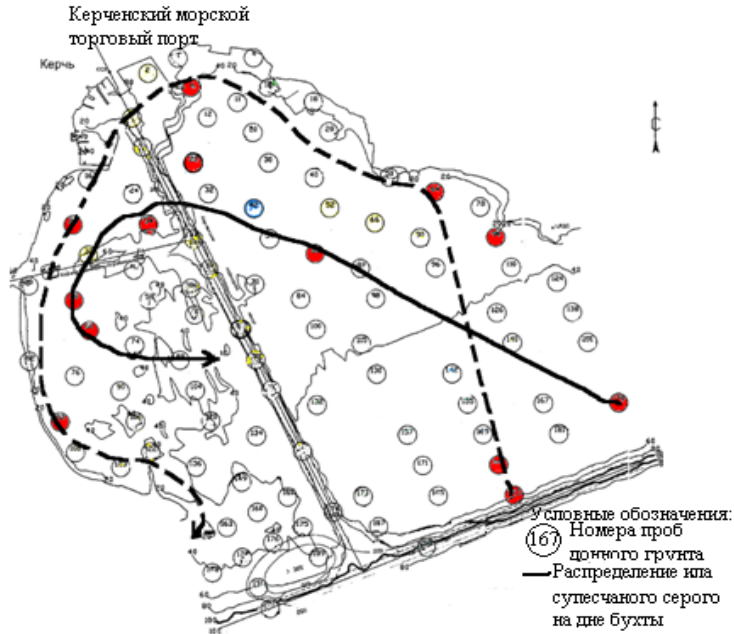


Рис. 7 - распределить ила супесчаного серого на поверхности дна Керченской бухты по данным отбора проб трубкой ГОИНа в узлах стационарной сетки в 2001-2002 гг.

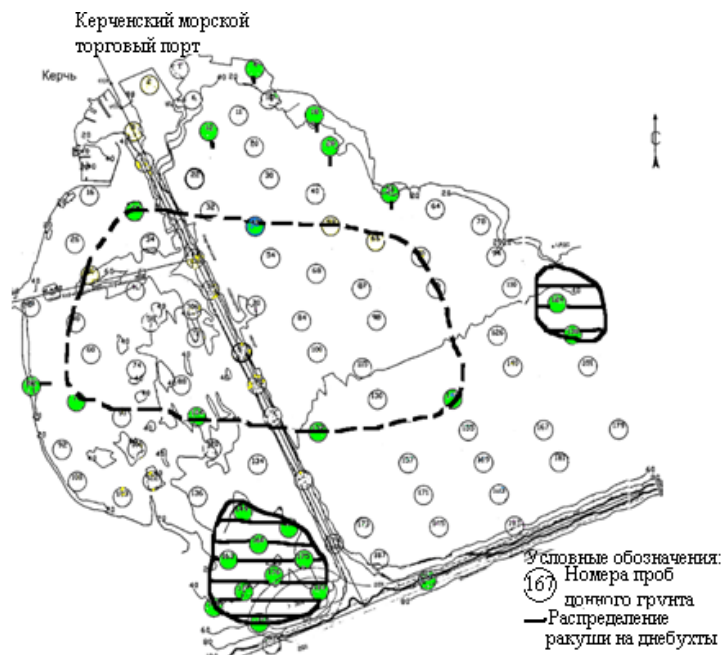


Рис.8 - Распределение ракуши на поверхности дна Керченской бухты по данным отбора проб трубкой ГОИНа в узлах стационарной сетки в 2001-2002 гг.

Сравнение распределения **ракуши** на поверхности дна Керченской бухты (рис.8) имеет иной характер, по сравнению с распределением илистых отложений (рис.5-7):

1. Повсеместное скопление ракуши в береговой зоне, не успевшей разрушиться, свидетельствует о ее происхождении в результате разрушения берега волнением. Береговая абразия наблюдается в местах, где берег бухты не укреплен бетонными плитами. Это установлено рекогносцировочным обследованием береговой линии во время отбора проб в Керченской бухте.

2. Ракуша плотнее всего сосредоточена у мыса Ак-Бурун, с левой стороны у входа в бухту, и с правой стороны устья бухты, и у м. Белый. В этих местах ракуша застревает между скоплением валунов и гальки. В этом же месте нередко в пробах морского грунта встречается детрит ракуши (остатки разрушенной ракуши). Скопления ракуши у мыса Ак-Бурун и у м.Белый следует рассматривать как малые фации - ракушечно-валунно-галечные.

3. Характер распределения оставшейся ракуши не противоречит наличию замкнутой циркуляции в центральной части бухты, одной общей, рис8,, или двух, с правой и левой стороны по отношению к подходному каналу, см. рис.10 приведенный в работе [4].

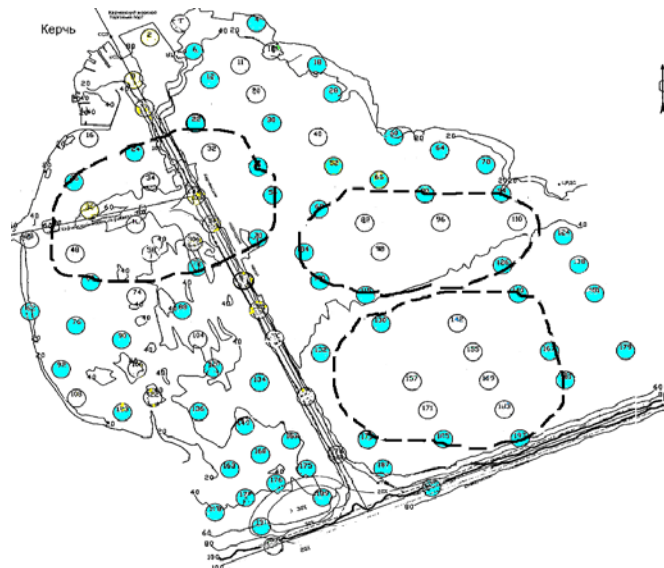


Рис.9 – Расположение детрита ракуши и замкнутых циркуляций в Керченской бухте

Картина распределения детрита ракуши на рис.9 показывает:

1. Фации детрита ракуши распределены повсеместно по дну Керченской бухты.
2. Три зоны отсутствия детрита ракуши, выделенные на рис.9, характеризуют, вероятно, зоны размывающих течений в бухте, совпадающие с участками размыва в Керченской бухте, показаны на рис.10 и рис.11 (взяты из [17]).

Ракуша, измельченная в результате ее влечения по дну, распределена в бухте повсеместно, рис.9. Измельченная ракуша представляет фацию – детрит ракуши. Исключениями являются участки со значительными скоростями течений, в направлении от м.Белого к Рыбному порту, где детрит ракуши вымыт течением, например, пробы 82, 96, 98, 110 (у м.Белый), 34, 36, 38, 48, 56 (подходной канал к Рыбпорту) и 142, 153, 157, 169, 171, 183 в бухте, примыкающей к Керченскому проливу справа от раструба, (см.рис.1) где возможна завихренность, как следствие азовского и черноморского водообменных потоков в Керченском проливе. Примыкающая к проливу, справа от раструба, циркуляция, просматривается также на рис.10; в статье [4] не прорисована.

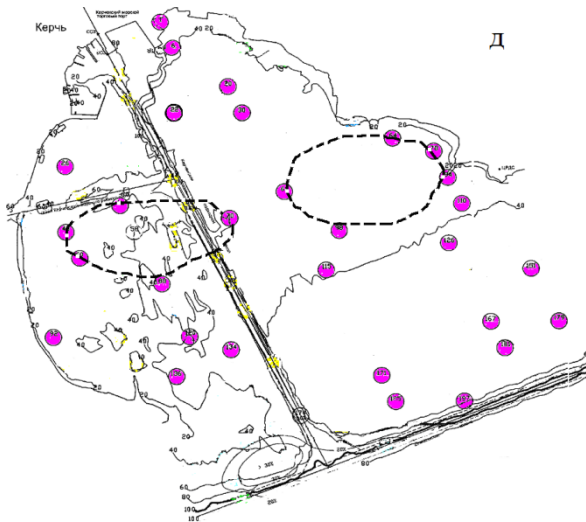


Рис.10 - Распределение детрита ракуши на поверхности дна Керченской бухты, по данным отбора проб трубкой ГОИНа в узлах стационарной сетки в 2001-2002 гг. и типам гистограмм [4].

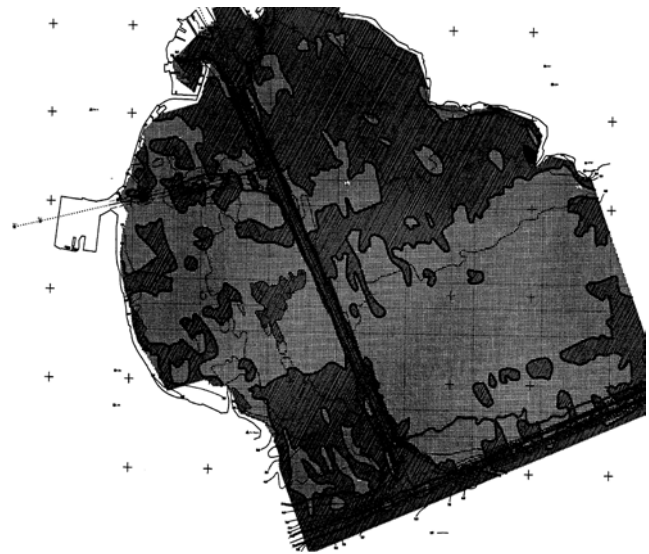


Рис.11 - Аккумуляция наносов и заносимость искусственных выемок в акватории Керченской бухты. Участки размыва дна показаны светлым фоном

На рис.11 показаны аккумуляция и размыв дна Керченской бухты (темная окраска – аккумуляция и заносимость; светлый фон – размыв дна). В пределах бухты аккумуляция преобладает в северной части бухты и у входа в бухту, в ее устье в левой части, примыкающей к Керченскому проливу; размыв наблюдается в средней части бухты, в направлении от м.Белого к Рыбному порту. Заносимость обуславливается большей глубиной и компенсационными течениями, как динамическим последствием после нагонных процессов; скорость аккумуляции, известный факт - силой тяжести и размером частиц (массой, весом). Периоды преобладающей аккумуляции сменяются в бухте размывом накопленного на морском дне материала. Определенную роль в размыве осадков могут играть сгонно-нагонные, дрейфовые и компенсационные течения. Дальнейшее перераспределение осадочных частиц осуществляется циркуляционными течениями. В пользу того что в бухте, в одном и том же месте акватории бухты, периодически происходит смена процессов аккумуляции и размыва осадка на дне (условий деформации морского дна) свидетельствуют картины непохожих деформаций по сезонам года. Более подробно особенности седиментации наносов в Керченской бухте описаны в работах [16,17,18].

Циркуляции вод в Керченской бухте, установленные анализом гистограмм гранулометрического состава грунтов дна бухты (взяты из работы [4]), показаны на рис.12-14. Эти циркуляции, прорисованные по эпизодическим наблюдениям распределения солености и измерений течений, представлены на рис.15. Гидродинамическая обстановка в бухте, по данным распределения фаций, подтверждает характер циркуляции вод показанных в [4]; хорошо просматривается также на рис.12-14.

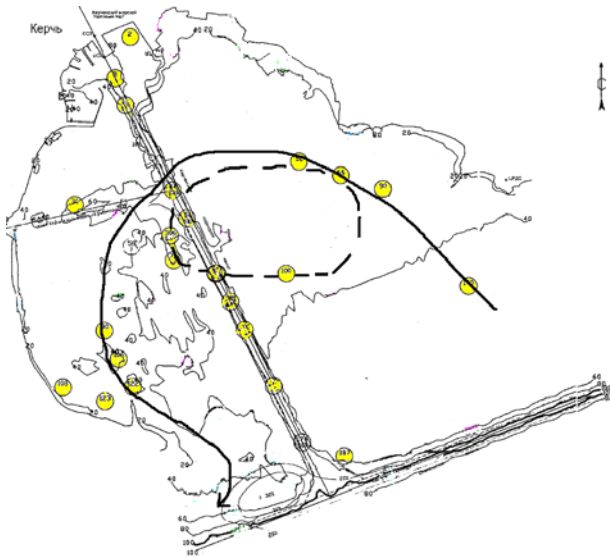


Рис. 12 - Циклоническая циркуляция азовских вод в Керченской бухте, индуцируемая азовским потоком и подтвержденная распределением на морском дне гранулометрического состава отложений наносов первого типа, [4].

Примечание:

- занесение морских подходов каналов к Керченскому морскому торговому и рыбному портам, а также акватории КМТП и раструба канала, определяется распределением мелкодисперсной составляющей гранулометрического состава наносов первого типа;
- пунктиром изображена дополнительная циркуляция

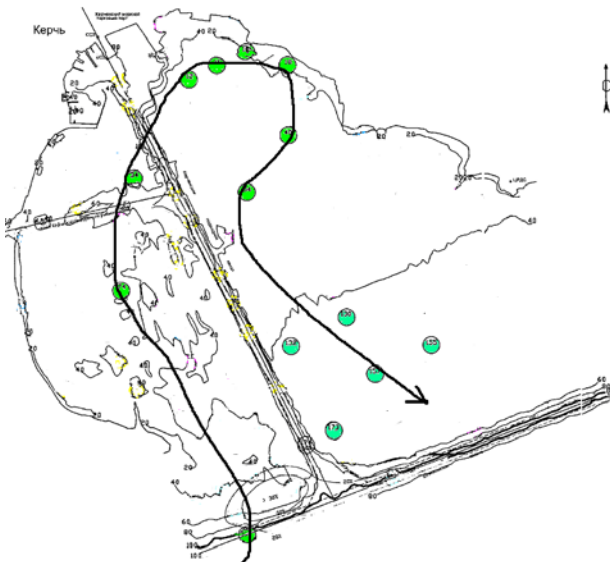


Рис. 13 - Антициклоническая циркуляция черноморских вод в Керченской бухте индуцируется черноморским потоком от ветров южной четверти горизонта и подтверждена распределением на морском дне отложений наносов второго типа, [4].

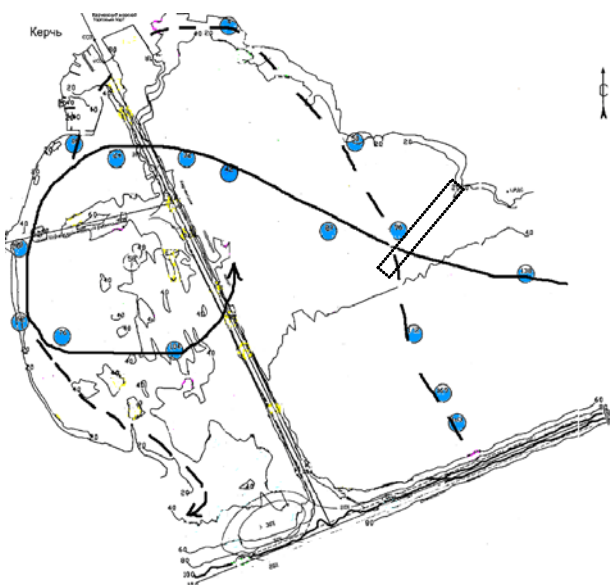


Рис. 14 - Циклоническая циркуляция азовских (сплошная линия) и черноморских (пунктирная линия) вод в Керченской бухте индуцируемая азовским и черноморским потоками, подтверждаемая распределением на морском дне отложений наносов пятого типа [4].

▭ - рекомендуемая прорезь для защиты морских каналов бухты от заносимости.

Циркуляции вод в бухте, показанные на рис.15, значительно отличаются от выявленных в этой статье: они не прорисовывают движений масс воды в верхней и береговой частях бухты, являющихся зонами разгрузки поступающих в бухту наносов.

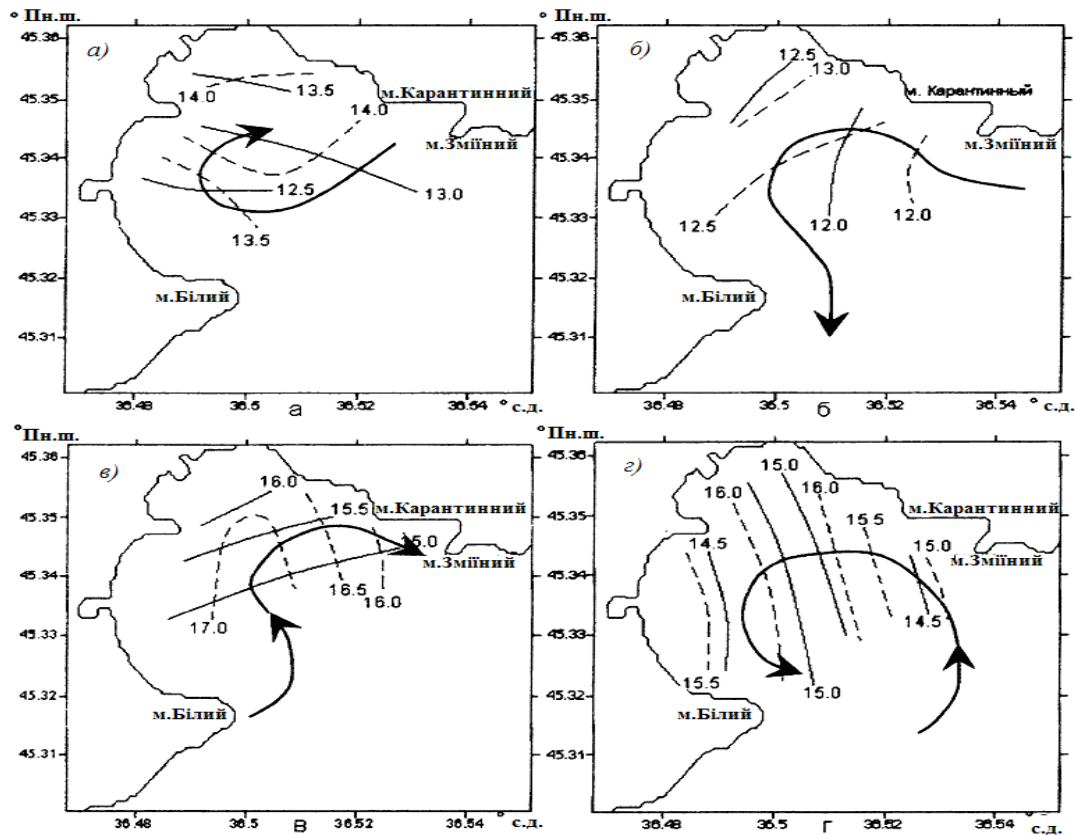


Рис. 15 – Усредненные поля солёности и условная схема циркуляции вод для: азовского антициклонического типа течений (а); азовского циклонического типа течений (б); черноморского антициклонического типа течений (в); черноморского циклонического типа течений (г), [3].

Выводы

1. Представлена схема современного осадконакопления в Керченской бухте на основе большого массива данных, полученных в 2001-2002гг. Карты распределения фаций илистых грунтов и ракуши, с преобладанием в образцах осадков Керченской бухты глинистых минералов и детрита ракуши, выполнены впервые.

2. Практическая значимость работы заключается в том, что предложенная модель осадконакопления помогает выявить наиболее вероятные пути движения и отложения наносов. Литологическая характеристика современных отложений является важной для прогнозирования распределения твердых осадков в Керченской бухте в случае изменения интенсивности их источников.

3. В бухте выделены динамические зоны размыва грунтов морского дна и осадконакопления на нем (абразии, транзита, аккумуляции и транзита, аккумуляции, заносимости), каждая из которых характеризуется своим литологическим типом осадков (фациями): ракуши, ила глинистого серого, ила суглинистого серого, ила супесчаного серого; детрита ракуши, дресвы - распространяемых по всей акватории бухты гидродинамическими потоками.

4. Периоды преобладающей аккумуляции сменяются в бухте размывом отложенного материала. Определенную роль в размыве осадков могут играть сгонно-нагонные, дрейфовые и компенсационные течения. Дальнейший перенос осадочных частиц осуществляется циркуляционными течениями. В пользу того, что в бухте в одних и тех же местах периодически происходит аккумуляция и размыв осадка (условия осадконакопления во времени и в пространстве меняются), свидетельствует различный характер отложения наносов и размыва дна бухты по сезонам года [16]. В пределах бухты аккумуляция преобладает в северной части бухты и в части примыкающей к Керченскому проливу; размыв проявляется в средней части, в направлении от м.Белый к Рыбному порту. Заносимость обуславливается большей глубиной и компенсационными течениями, как динамическим последствием при нагонных процессах.

Для более полного понимания процессов современного осадконакопления необходимо изучить другие признаки грунтов для фациального анализа, проследить изменчивость окатанности частиц, структуры однородности фаций и др. свойств донных грунтов, отличающихся большим разнообразием.

5. Циркуляции черноморских и азовских вод в Керченской бухте проникают гораздо ближе к вершине бухты, чем это показано в работе [3], достигают акватории Керченского морского торгового порта и Рыбпорта, показанного так же в [4]. Без этого утверждения непонятна природа аккумуляции наносов в северной части бухты, а также заносимости подходных морских каналов, рис.11.

6. Заносимость искусственных выемок осуществляется только илом глинистым (рис.5). Процесс обусловлен большей глубиной этих акваторий и затухающими компенсационными послесгонными течениями. Ракуша производится (выделяется из размываемой породы) в результате абразии незащищенных берегов бухты. Илы различного происхождения являются хорошими трассерами гидродинамических ситуаций в Керченской бухте. Распространение фаций в бухте показывает направление путей доставки наносов от своих источников.

Список литературы

1. *Илюшин В.Я.* Статистическая оценка бюджета наносов участка Керченской бухты и заносимости подходного канала Керченского морского торгового порта (КМТП) //Український гідрометеорологічний журнал. –2008. –№3.–С. 213-220
2. *Илюшин В.Я., Боскин А.И., Головин А.Ю. и др.* Некоторые особенности пространственной и сезонной изменчивости деформации морского дна на экспериментальном участке, включающем морской канал. //Причорноморський екологічний бюллетень, 2010. №1(35). –С.130-138.
3. *Ломакин П.Д., Спиридонова Е.О., Четыженко А.И., Четыженко А.А.* Антропогенные и природные источники взвешенного и природного вещества в водах Керченского пролива. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. –71 с.
4. *Илюшин В.Я.* Картографування донних ґрунтів мілководної морської акваторії. Проблеми і результати досліджень //Український гідрометеорологічний журнал. –2012. –№10.–С.216-229.
5. *Крашенинников Г.Ф.* Учение о фациях. – М.,1971. –367 с.
6. *Крашенинников Г.Ф., Волкова А.Н., Иванова Н.В.* Учение о фациях с основами литологии. Руководство к лабораторным занятиям. – М.: Изд-во МГУ, 1988. –214с. ISBN 5–211–00129-X.

7. Кузнецов В.Г. Фации и методы фацеального анализа. – М., 1973. – 112с.
8. Наливкин Д.В. Учение о Фациях. – М.-Л., 1955. – Ч.1. -534с.; 1956, -Ч.2. -393с.
9. Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. – М., 1984. -222с.
10. Хэллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. – М., 1983. -327с.
11. Горная энциклопедия. М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», том 2, 1986. –975с.
12. Лонгвиненко Н.В. Морская геология. - Л.: Недра, 1980. -343с.
13. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации. – М.: Наука, 1978.-391с.
14. Морской энциклопедический справочник. – Л.: «Судостроение», Т.1, 1987. -508с.
15. Шелехова Е.С. Закономерности распределения глинистых минералов в поверхностном слое осадков Баренцева и Карского морей. Автореф. дисс. на соиск уч. ст. канд. геол-мин. наук. М., 1998, 29 с.
16. Ілюшин В.Я. Квадрантний аналіз деформації морського дна. //Український гідрометеорологічний журнал. -2010, -6.–С. 225-233.
17. Просторово-часова мінливість деформацій морського дна в Керченській затоці і протоці /Одеський державний екологічний університет, НДР каф. Океанології та морського природокористування. Наук. Керівник к.г.н. Ілюшин В.Я., Держ.реєстрац.номер 0109U006776. 01.08.2008 – 12.12.2013. Рукопис.
18. Полубок Т.Н. Изученность процессов литолого-геоморфологических изменений дна Керченского пролива. //Вісник Одеського державного екологічного університету. Одеса, 2013. вип.15. –С.187-196.

Гідродинамічні ситуації в Керченській бухті по неповних властивостях донних фаций. Ілюшин В.Я., Полубок Т. М.

Розглянуті особливості фізичних властивостей мулистих ґрунтів, утворюючих на поверхні мілководого морського дна зони різних фаций: мулистих, ракуши, детриту ракуши, дресви і що дозволяють прослідкувати гідродинамічні ситуації відтворюючі 40-50-річні стабільні циркуляції в Керченській бухті.

Ключові слова: фация, фізичні властивості, донний ґрунт, мул, бухта, циркуляція

Hydrodynamic situations in the Kerch bay on incomplete properties of the ground facies. Pyushin V.Ya., Polubok T. N.

It was considered the features of physical properties of silty soils, which are forming the area of different facies: silty, rakusha, detritus of rakusha, dresva on-the-spot shallow sea-bottom and allowing to trace hydrodynamic situations, which are recreating 40-50-years-old stable circulations in the Kerch bay.

Keywords: facies, physical properties, ground soil, silt, bay, circulation.