

Количественное определение динамичности ЭГП по приведенной методике можно использовать для изучения ЭГП территориальных систем различного ранга. Оно позволяет исследовать динамичность ЭГП на протяжении разных периодов времени одновременно и сравнить степень изменения интегрального ЭГП каждого изучаемого объекта во времени. На основании данной методики можно также прогнозировать развитие ЭГП на будущее и моделировать влияние ЭГП на формирование и развитие экономических центров и пунктов в определенных территориальных системах.

Применение методики количественной оценки динамичности ЭГП во времени позволяет убедиться, что эта мера ЭГП работоспособна, достаточно выразительна и полезна. По нашему мнению, перспективным направлением является также целесообразность картографического моделирования динамичности ЭГП различных экономических центров и пунктов в производственно-территориальных системах разного ранга. Приведенная методика количественной оценки динамичности ЭГП, естественно, не претендует на абсолютную полноту и категоричность, ее следует апробировать на реальных моделях территориальных систем. Необходимо дальнейшее изучение опыта применения методики, ее практической реализации, а также путей совершенствования.

Луцкий государственный педагогический институт

*Поступила в редакцию
19 августа 1987*

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранский Н. Н. Экономическая география. Экономическая картография.— М.: Географгиз, 1956.
2. Праги У. Р. О мерах экономико-географического положения // Изв. ВГО.— 1981.— Т. 113, вып. 1.
3. Маергойз И. М. Методика мелкомасштабных экономико-географических исследований.— М.: Изд-во МГУ, 1981.
4. Шупер В. А. Анализ географического положения городов методами теории центральных мест (на примере Эстонской ССР) // Изв. АН СССР. Сер. геогр.— 1985.— № 5.

Ю. Д. ШУЙСКИЙ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ЧЕРНОГО МОРЯ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕСКОВ

В приморских регионах важным источником строительных материалов являются наносы в береговой зоне моря [1]. Как показали исследования, большинство береговых зон испытывает дефицит наносов. Использование песков как строительного материала обостряет этот дефицит и способствует активизации абразии и разрушению прибрежных территорий вместе с находящимися на ней хозяйственными объектами. В связи с этим добыча прибрежно-морских наносов на Черном море запрещена. Однако в строительных песках, гравии, гальке в народном хозяйстве ощущается острая нужда. Начались поиски решений, которые позволили бы добывать наносы вне пределов береговой зоны. Работы сопровождались непрерывным мониторингом сопредельных участков берега для выяснения степени безопасности участков, выбранных для донных карьеров по добыче наносов [2, 3]. В этой связи возникла другая проблема: как влияет добыча наносов на качество морских вод и на состояние морских организмов, в первую очередь бентоса.

Поскольку карьеры по разработке строительного сырья выведены из береговой зоны на большие глубины или в места пониженной гидро-

динамической активности вод, некоторые специалисты выразили сомнения в целесообразности вмешательства человека в морскую среду. При этом предполагалось, что эксплуатация подводных карьеров на шельфе повысит мутность вод, в результате чего начнется массовая гибель живых организмов, особенно бентосных. Но уже первые натурные исследования на Черном и Азовском морях показали, что в местах расположения подводных карьеров и свалок грунта донные организмы чрезвычайно устойчивы и обладают высокой степенью выживаемости. Они способны быстро (за 0,5—1,5 года) восстанавливать биопродуктивность на площади с нарушенным субстратом донных отложений. А прямое механическое воздействие добывающих устройств затрагивает не более 20 % биомассы донных организмов на площади карьера [4, 5].

За последние 6—7 лет получены новые данные о природных процессах на экспериментальном полигоне в Джарылгачском заливе Черного моря. Наибольший интерес, как практически важный и недостаточно изученный, представляет вопрос о распределении взвешенных наносов в месте добычи строительных песков. Для сопоставления с искусственной концентрацией взвеси определялась естественная мутность около берега при волнении с высотой волн 0,3—1,1 м. Оказалось, что количество взвешенного материала в условиях полигона [5] в зависимости от шторма или волнения разной силы изменяется в широких пределах — от 5—6 до 12 000—20 000 мг/л⁻¹. Большие средние значения (обычно 100—300 мг/л⁻¹) чаще всего обнаружены около глинистых берегов, а у гравийно-галечных и скальных они минимальны (до 30 мг/л⁻¹) при высоте волн не выше 0,5 м [6]. При увеличении высоты волн до 1 м и более концентрация взвеси возрастает до максимальной. Фоновая осредненная мутность морских волн полигона 50 мг/л⁻¹.

В целом наибольшие концентрации тяготеют к придонному горизонту воды, более низкие — к поверхностному, а минимальные — к промежуточному на глубинах от 0,5 до 3—4 м. Например, около восточной (дистальной) оконечности Джарылгачской косы при высоте волн 0,4—0,5 м мутность в придонном горизонте 91—137 мг/л⁻¹, в промежуточном 20—97, а в поверхностном 31—119 мг/л⁻¹ [6]. При подобных средних, а также при максимальных концентрациях взвеси массовой гибели бентосных форм не происходит. Мало того, для донных организмов, приспособившихся к обитанию на подвижных грунтах мелководий, штормовое перемешивание вод поставляет кислород, в взвешивание наносов — полезные соли и микроэлементы [7]. В этом заключается положительное влияние искусственных разработок строительных песков на карьерах.

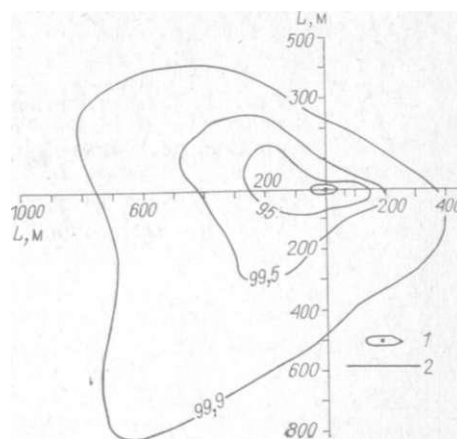
Один из подводных карьеров в мелководном Джарылгачском заливе Черного моря расположен на поверхности реликтовой аккумулятивной формы в 12 км от берега. Глубина здесь 3—4 м, средний гранулометрический состав на отмели характеризуется следующим содержанием фракций: более 1 мм (ракуша) — 7 %, 1—0,5 мм — 5, 0,5—0,25 мм — 40, 0,25—0,1 мм — 41 и менее 0,1 мм — 7 %. Во время волнений (высота волн 0,5 м и более) поверхность отмели испытывает высотные деформации в пределах 0,3—0,4 м.

На этом карьере добывается около 1 млн т наносов в год, их средний валовой состав несколько отличается от естественного, что связано с его механическим преобразованием при добыче и отмучиванием при разгрузке на местах складирования. В добытом материале содержание фракций крупнее 1 мм (ракуша) достигает 23 %, 1—0,5 мм — 5, 0,5—0,25 мм — 32, 0,25—0,1 мм — 37 и мельче 0,1 мм — 3 %. Как видно, значительно понижается количество алевритовых и пелитовых фракций, немного меньше — мелко- и среднезернистого песка, но зато повышено содержание ракуши. Следовательно, целесообразно планировать использование известкового (ракушечного) материала в сельском хозяйстве (в частности, в птицеводстве).

С учетом количества добываемых наносов переходящие во взвесь частицы составляют 19 тыс. т/год на одном карьере. При этом фон мутности

Рис. 1. Схема осредненных (за год) значений распределения взвешенных наносов (мельче 0,1 мм) в месте добычи морских песков.

1 — добывающее устройство; 2 — граница ареала распространения взвеси. L — расстояние от места добычи.



формируется разными фракциями: 70 % приходится на частицы 0,1 — 0,05 мм, 15 — на частицы 0,05 — 0,01 мм и еще 15% — менее 0,01 мм.

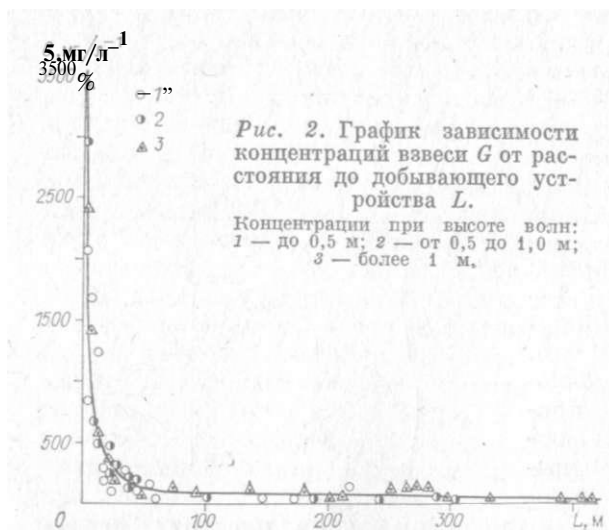
Скорость перемещения мелкозернистых наносов во взвеси приближается к скорости движения морской воды, наносы к тому же испытывают действие силы тяжести. В соответствии с гидравлической крупностью наносы проходят разное расстояние от добывающего устройства на карьере.

В Джарылгачском заливе, где находится экспериментальный полигон, преобладают ветровые течения, в основном северо-восточных румбов. Целесообразно различать градации скорости течений: менее 0,25 м/с — до 75 % в среднем за многолетний период, от 0,25 до 0,5 м/с — не более 28 %, от 0,5 до 0,75 м/с — не более 9 % и выше 0,75 м/с — не более 4 %. Все скорости более 0,25 м/с повторяются практически только от 1-й четверти горизонта (0—90°). Таким образом, основная масса взвеси и на максимальное расстояние перемещается в южном, юго-западном и западном направлениях. Течения со скоростью 0,25—0,5 м/с действуют в среднем в 3 % продолжительности года, а более 0,5 м/с — в период почти 1 % годового времени. Преобладают течения со скоростью 0,05—0,1 м/с в среднем за многолетний период, что важно при установлении границ и формы контура ареала мутности в морской воде в пределах полигона.

При глубинах на карьере не менее 3 м и скорости оседания взвешенных частиц размером 0,05 мм 2 мм/с (по Стоксу) они опускаются на дно 25 мин. Несложно подсчитать время оседания и других фракций. Как показали расчеты, с учетом состава взвешиваемого добывающим устройством материала, скорости течения и глубин моря, 95 % наносов отлагается в радиусе не более 300 м (в основном до 100 м), а 99,5 % достигает дна в радиусе до 600 м. Лишь 0,1 % массы взвешенных частиц распространяется в радиусе более 1 км, да и то при штормах с высотой волны более 1 м (рис. 1). Конкретные значения мутности приводились ранее [5].

Данные расчета позволяют установить толщину слоя накапливающихся осадков. При работе добывающего устройства в течение года с производительностью около 1 млн т/год слой искусственного осадка в радиусе 300 м составит в среднем 0,03 м/год, а в радиусе 1 км — от 0,03 до 0,0001 м/год. На глубине расположения карьера до 3—4 м такое техногенное осадконакопление не представит угрозы для бентосных организмов, поскольку слой волновой переработки по крайней мере на порядок больше, а естественные волновые деформации морского дна не приводят к массовой гибели живых организмов. К тому же площадь дна, отведенная для промышленной разработки песков, не превышает обычно 1 км², и добыча на такой площади в общем не вредна для ассоциаций сопредельных участков дна [5, 7]. Во многом это связано с тем, что в процессе разработок на дно сопредельных участков осаждается естественный незагрязненный грунт.

Полученные результаты основаны на аналитических расчетах. Для их проверки был выполнен трехэтапный натурный эксперимент при скоростях ветра более 7 м/с и высоте волн до 0,5 м, от 0,5 до 1 м и более 1 м. При работе добывающего устройства формировалось облако взвеси, гру-



мент составлен график зависимости концентрации взвешенного материала от расстояния до устройства по добыче песков (рис. 2). Значение в каждой точке графика представляет среднее из трех показателей — по измерениям в придонном, промежуточном и поверхностном слоях воды. Полученная зависимость оказалась тесной и представляет собой гиперболическую функцию. 90 % взвеси осаждается в радиусе 100 м, а 95 % — примерно 250 м. Даже при высоте волн более 1 м на расстоянии 300 м и более концентрация частиц не превышает 50 мг/л (фоновое естественное значение) при скорости течения 0,5–0,6 м/с.

Таким образом, в целом концентрация взвеси максимальна в месте добычи песков. Во время эксперимента она не превышала 3560 мг/л (расстояние до 5–10 м от точки добычи). Такая концентрация, как уже указывалось, в природных условиях не вызывает массовой гибели бентосных и nektonных организмов. Фауна начинает чувствовать дискомфорт при концентрациях более 20 г/л в условиях наибольшей длительности отдельных штормов. Токсичность насыщенной взвесью морской воды имеет механическую природу и обусловлена заполнением ими жабр рыб и промысловых моллюсков. Наибольшую опасность представляет концентрация взвеси 50 г/л в течение 24–48 ч непрерывного действия добывающего устройства.

В этой связи можно предположить, что на окраинных частях морского дна, выделенного под карьер, и у внешних границ карьера зообентосные организмы (до 85 % биомассы — промысловые моллюски) не испытывают пагубного влияния водной взвеси. Уже первые опыты подтвердили эти предположения. В частности, доказана сезонная ритмичность биомассы около карьеров, нормальное развитие отдельных организмов, отсутствие гибели бентосных форм [5]. Гибнут только организмы, непосредственно попавшие под механическое воздействие добывающего устройства.

Получено важное подтверждение вывода об относительной безопасности добычи строительных песков для бентоса сопредельных участков морского дна. У внешней границы площади, отведенной под карьер, в юго-западной ее части, которая чаще всего подвержена влиянию взвеси, с 1974 г. брались пробы бентоса весной, летом и осенью. По средним сезонным значениям биомассы ежегодно составляли график, а на него накладывались годовые значения добычи строительных песков в карьере (рис. 3). Закономерность оказалась весьма показательной: по мере роста объема добываемого песка на дне биомасса бентосных организмов не уменьшалась. Мало того, отмечен даже некоторый ее рост: если в начале эксперимента в 1974 г. она составила в среднем по участку 160 г/м^2 , то в 1984 г. — 220 г/м^2 , т. е. на 37,5 % больше. Кривая в целом растет, но на фоне этого роста отмечено определенное падение биомассы до среднего значения 125 г/м^2 , что связано с эпидемией 1977 г., поразившей

шевидное или близкое эллипсу по форме. На двух взаимно перпендикулярных створах с тонкой пересечением на месте стоянки устройства в 3 этапа взяты пробы воды в 50 точках батометром-бутылкой емкостью 1 л. За пределами видимого пятна мутности брались контрольные пробы. Полученные образцы воды фильтровались на приборе Куприна с последующим весовым определением концентраций на весах ВКТЛ-500.

На основе обработанных данных натурного экспери-

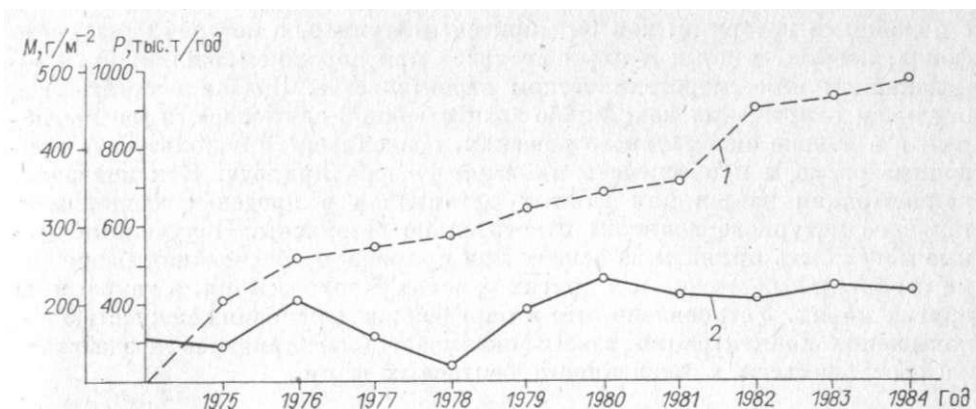


Рис. 3. Совмещенные кривые изменения добычи строительных песков P (1) и биомассы бентоса M (2) в районе подводного карьера.

промысловые виды моллюсков, и особенно сильными летними заморами.

Некоторый рост биомассы в 1974—1984 гг. вызван главным образом тем, что в местах рассеивания взвеси придонные горизонты воды насыщаются дополнительным количеством питательных веществ. Получая обильную пищу, фильтраторы, детритофаги, илоеды попадают в более благоприятные условия развития. Этот довод подтверждается экспериментальными работами [5, 7] в тех местах морского дна, где производится добыча донных отложений и свалка грунтов.

Немаловажно, что глинисто-песчаная взвесь не оказывает массового губительного действия и на сообщества бактерий в воде [8]. Взвешенные минеральные частицы влияют на скорость минерализации органического вещества, регенерацию биогенных элементов и в значительной степени могут стимулировать активность водной микрофлоры. Опыты проводились с разными концентрациями взвеси (глинистой — 16, 68 и 210 мг/л⁻¹, песчаной — 67 и 87 мг/л⁻¹), и в результате хорошо прослежена зависимость максимального прироста общей численности бактерий от количества добавленной взвеси.

Аналогично при повышении концентрации минеральных частиц возрастало количество гетеротрофного планктона. Доведение содержания частиц до концентрации 16, 68 и 210 мг/л⁻¹ привело на вторые сутки опыта к увеличению содержания гетеротрофных микроорганизмов соответственно в 4, 27 и 33 раза по сравнению с чистой водой (до 2—4 мг/л⁻¹). При добавлении частиц песка в концентрации 67 и 87 мг/л⁻¹ максимальное содержание гетеротрофных организмов отмечалось на 6-е сутки опыта и превышало количество организмов на контрольном объекте в 33 и 19 раз [8].

Что касается натурального полигона в Джарылгачском заливе, то там в радиусе 10—20 м от добывающего устройства отмечается массовая гибель донных организмов под влиянием механического нарушения морского дна. Такие наименее благоприятные участки перемещаются по площади карьера вслед за перемещением добывающего устройства. Биомасса бентоса составляет в этих местах от 1—2 до 40—60 г/м⁻². Подобная картина наблюдается и в местах свалки грунта, черпаемого на судоходных каналах и в портовых акваториях. Но и там влияние наносов является сугубо локальным, поскольку в целом не превышает естественного фона концентраций взвеси далее 50 м от барж, сбрасывающих грунт на морское дно. Также не обнаружено массовой гибели планктонных организмов.

Таким образом, как свидетельствуют данные натурных исследований в местах добычи строительного песка на подводных карьерах Черного моря ущерб донным живым организмам является точечным, узколокальным. Он не затрагивает обширные акватории, а тем более весь шельф. В условиях повышенного спроса на пески и отсутствия близко расположенных континентальных карьеров человек вынужден мириться

с подобными потерями, как он мирится, например, с потерей земельного фонда, лесных, водных и иных ресурсов при дорожном, жилищном, промышленном или гидротехническом строительстве. Задача состоит не в огульном запрещении какой-либо хозяйственной деятельности на дне морей, а в поиске оптимального решения, позволяющего использовать природные ресурсы и обеспечить минимум ущерба природе. Как показано, концентрации взвеси донных организмов в пределах экспериментального натурального полигона относительно безопасны. Полученные данные могут быть приняты за основу при природном обосновании разработки строительных песков и в других районах Черного моря, а также и на других морях. Установлено, что в определенных условиях искусственное повышение концентрации взвеси оказывает благоприятное воздействие на рост биомассы и численности бентосных форм.

*Одесский государственный
университет*

*Поступила в редакцию
2 февраля 1987 г.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов В. И., Лопатников М. И. Ресурсы стройматериалов (песок и гравий) береговой зоны Мирового океана // *Вопр. геогр.*— 1982.— Вып. 119.
2. Шуйский Ю. Д., Плотникова К. И., Выхованец Г. В. О рациональном использовании природных ресурсов береговой зоны в районах добычи морских строительных песков // *География и природ. ресурсы.*— 1980.— № 3.
3. Шуйский Ю. Д., Плотникова К. И., Выхованец Г. В. Динамика береговой зоны в районах добычи твердых полезных ископаемых // *Основные проблемы геологии, разведки и добычи полезных ископаемых шельфовой зоны Мирового океана.*— Киев: *Наук, думка*, 1982.
4. Артюхин Ю. В. Подводные карьеры в Азовском море // *География и природ. ресурсы.*— 1982.— № 2.
5. Шуйский Ю. Д., Замбриборш, Ф. С., Педан Г. С. и др. Влияние промышленных разработок строительных песков на динамику берегов и состояние зообентоса Черного моря // *Вод. ресурсы.*— 1985.— № 5.
6. Шуйский Ю. Д., Педан Г. С. Концентрация взвешенных наносов над подводным склоном северной части Черного моря // *Проблемы транспорта наносов в береговой зоне моря.*— Тбилиси: *Изд-во Тбил. ун-та*, 1983.
7. Замбриборш, Ф. С., Чернявский А. В., Соловьева О. Л. Влияние свала грунта в море на донные биоценозы // *Гидробиол. журн.*— 1982.— Т. 18, № 1.
8. Остапеня А. П., Инкина Г. А. Влияние минеральной взвеси на природное сообщество водных бактерий // *Вод. ресурсы.*— 1985.— № 5.