

УДК 551.3

С. Г. АЙРОЯН, Х. ХОШРАВАН, Х. Г. БАРИМАНИ

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЮЖНОГО БЕРЕГА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

В работе приводятся данные по геологическому строению южного берега Каспийского моря в связи с сейсмическим и инженерно-геологическим районированием по возможной подверженности территории оползневым и пльвинным процессам. Данные обработаны в среде геоинформационной системы.

**Введение.** Южная часть Каспийского моря окаймлена на севере Кавказской возвышенностью, на юге – Эльбурским хребтом, на западе – Талышскими горами и на востоке – горами Копет-дага. Тектоническое строение территории представлено разломными сбросами: на юге – Мазандарана и Эльбурса, на западе – Астары, на востоке – Копед-Дага, а на севере они приурочены к подводным поднятиям створа Апшерон-Красноводск. В центре южной части находится глубокая впадина (1025 м) с наносами мощностью 15 м. Сеймотектонические особенности исследуемого района в первую очередь зависят от вышеуказанных разломов. В частности, многочисленные разрушительные землетрясения на севере Эльбурса, на Кавказе, Талыше и Копет-даге говорят о тектонической активности данного района [1]. Пространственное положение эпицентров землетрясений показывает, что большинство сотрясений на севере впадины Южного Каспия имеют глубину 70 км. Это подтверждает наличие сдвига платформы Паратетиса под Русскую платформу. В то же время эпицентры на юге впадины, имеющие глубину 30 км, свидетельствуют об их тесной связи со сбросами Мазандарана и Астары.

Возможность возникновения землетрясения в южной части Каспийского моря нами оценена на основании исследования инструментальных и исторических данных о расположении и интенсивности землетрясений [2–4]. В среде геоинформационной системы (ГИС) в ГРИД-модели сейсмической опасности южной части Каспийского моря отражены сотрясения, интенсивность которых превышала 5 баллов по шкале Рихтера. Сопоставлением исторических сейсмических данных с местоположениями эпицентров определены активные сейсмические зоны. Сравнением точечных данных о величине и интенсивности сотрясений с расположением линий сбросов в среде ГИС определены местоположения потенциально активных сбросов и сейсмогенные микрорайоны.

**Стратиграфия и история геологического развития.** Исследовано геологическое строение Эльбурской возвышенности. В южной части Каспийского моря обнажаются раннепалеозойские метаморфические породы под названием «горганский сланец», а в районе Астары на возвышенности Тальша – самые старые докембрийские метаморфо-вулканические массивы. В некоторых участках можно видеть полную свиту палеозойских и мезозойских пород [1, 2].

Начало Альпийского горообразования, в течение которого развилась структура Эльбурской возвышенности и северный Эльбурс отделился от южного, считается началом периода морфодинамического преобразования района. В среднемиоценовое время появление первичных испаряемых отложений свидетельствует о рождении Каспийского моря (после отделения от Паратетиса) в виде краевого бассейна с сухим и теплым климатом (среда Sabkha). Процесс продолжался до верхнего миоцена, в результате образовались чередующиеся желтые, белые и красные мергели, содержащие мел и ангидриты. Потом начинается образование плиоценовой осадочной свиты с раннеплиоценовым аллювиальным конгломератом (Челекен). В среднеплиоценовое время создаются условия для трансгрессии и повышения уровня воды Каспийского моря, которое в это время было связано с соседними Черным и Средиземным морями (Акчагыльский ярус). Основная регрессия с установлением ледникового времени (гюнц) раннечетвертичного периода (1,8 млн. лет назад) привела к осадконакоплению из апшеронских коллоидных рыхлых пород. В это время Каспийское море было полностью покрыто льдом и отделилось от сопредельных морей. В среднем плейстоцене (Бакинский ярус) произошла трансгрессия Каспийского моря и повысилась его температура. Появление новых видов соленоводных моллюсков (двухстворчатые, членистоногие, остракоды) свидетельствует о перемене фаций этого времени. Перегревание земного шара испарило большой объем морской воды и привело к появлению осадконакопления Хазарской регрессии. Оно продолжалось до раннехвалинского периода. В это время опять сильно повышается уровень Каспийского моря и начинается образование свиты голоцена из новокаспийских песчаниковых и алевроито-песчаниковых отложений. 2500-летнее повышение уровня воды и расширенное обводнение (с образованием аллювиальных наносов из крупнозернистых и гравийных песчаников) изменяет вид южной части Каспийского моря. В постголоценовое время до новой эпохи обобщаются условия регрессии во всем регионе. Таким образом, в стратиграфии видны периодические регрессии и трансгрессии. Этот колебательный процесс повлиял на перемену осадочных фаций и привел к формированию мощных эвапоритов из коллоидных и рыхлых пород в течение неогена и четвертичного периода.

**Оценка опасности возникновения оползней и плывунов.** Факторы, способствующие возникновению оползней в прибрежных зонах, разные: литологический состав стратиграфических единиц, уклон склонов, количество атмосферных осадков, уровень подземных вод, влияние землетрясений и тектонических структур (сбросы, трещины и т.д.). На основании корреляции данных в среде ГИС установлена степень риска возникновения оползней и уязвимые участки. Полученные результаты показывают, что опасность возникновения оползней в морских отложениях в центральной части запад-

ного Мазандарана (от Нура до Рамсара) высока. Также возможно образование оползней на береговой равнине Мазандарана и на северном предгорье Эльбурса – от долины Галандруда до Некаруда.

Наибольшую опасность среди исследованных песчаных грунтов представляют истинные пльвуны – тонкие и пылеватые пески с содержанием 3–10% глинистых и коллоидных частиц. Исследование строения пылеватых песков и супесей показывает, что они имеют скелетную микроструктуру, в которой песчаная фракция образует рыхлый каркас из отдельных зерен, контактирующих друг с другом. Они образуют контакт механического типа или через глинисто-пылеватые частицы, формирующие между песчаными зернами связующие мостики. Связь между глинистыми и пылеватыми частицами носит водно-коллоидальный характер и практически мгновенно рушится. Эти грунты за счет преобладания наиболее слабых стабилизационных связей при высокой водонасыщенности отличаются наименьшей прочностью сцепления частиц, наименьшим внутренним трением и наибольшей подвижностью. При возможных сейсмических воздействиях, вследствие тиксотропии пылевато-глинистых мостиков между песчаными зернами и нарушения стабильности песчаного каркаса, структурная сетка легко разрушается, грунты текут как истинно вязкие жидкости Ньютона с вязкостью менее 3 Па·с и длительное время пребывают в разжиженном состоянии.

Проявление пльвунных свойств грунтов обуславливает внезапное, катастрофическое оплывание склонов.

Основные определяемые параметры возникновения пльвуна: средний диаметр зерен осадочных материалов ( $d_{50}$ ) от 0,02 до 1,0 мм; содержание коллоидов  $d < 0,005 < 10\%$ ; коэффициент неоднородности  $d_{60}/d_{10} < 10$ ; относительная плотность  $D_r < 0,6$ ; число пластичности  $I_p < 10$ .

В таблице приведены геотехнические показатели супесей и пылеватых песков, отобранных в центральной части западного Мазандарана.

№ скв.	Глубина отбора, м	Название грунта	Влажность, $W, \%$	Плотность, $\rho, \text{г/см}^3$	Плотн. скелета, $\rho_d, \text{г/см}^3$	Верхний предел влажности, $W_L, \%$	Нижний предел влажности, $W_p, \%$	Число пластичн., $I_p, \%$	Коеф. трения, $\text{tg}\varphi$	Сцепление, $C, \text{МПа}$
1	5,15	супесь	16,8	1,95	1,67	17,0	12,0	5,0	0,384	–
8	5,2–7,2	пылев. песок	22,5	2,0	1,63	19,0	17,0	2,0	0,404	–
15	5,0	супесь	22,5	2,05	1,67	21,0	15,0	6,0	0,384	–
17	0–6,0	супесь	22,0	2,0	1,64	21,0	15,0	6,0	0,424	–
18	2,8–6,8	супесь	15,7	2,05	1,77	20,0	16,0	4,0	0,404	0,008
19	2,0–6,8	пылев. песок	18,6	2,05	1,73	–	–	–	0,554	–
22	1,0–3,8	супесь	22,7	2,0	1,68	23,0	17,0	6,0	0,404	–

Исследования показывают, что хорошо отсортированные и окатанные зерна грунтов по сравнению с плохоотсортированными более подвержены пльвучести. Потенциальная возможность возникновения пльвучести береговых грунтов определяется на основании физических и сейсмических (упру-

гих) характеристик грунтов и геоморфологии местности. Составление карты риска плавучести зависит от тектоники, характеристики грунтов, сейсмичности и рельефа. При анализе вышеуказанных данных в среде ГИС установлено, что риск возникновения плывунов на южном берегу Каспийского моря, близ устьев больших рек Сефидруд и Горганруд, очень высок. В большинстве случаев извилистые реки и меандры, у которых расстояние от источника до устья большое и у берегов осаждаются значительный объем наносов с хорошо отсортированными зернами, имеют очень высокий коэффициент уязвимости плавучести. Участки у водно-болотных угодий Мианкале, Энели и Загмарз также уязвимы. Наиболее подвержен плавучести участок от Сисангана до Рамсара, имеющий крутой склон и хорошо отсортированные пески на глубине от 2,5 до 30 м.

#### **Заключение.**

1. Разрушительные землетрясения вокруг Каспийского моря и густота их очагов свидетельствуют о высокой сейсмической опасности территории. Сейсмичность южных берегов Каспийского моря оценена как высокоопасная (более 5 баллов по шкале Рихтера). В целом, центральная и западная части Мазандарана от Нура до Рамсара и восточная часть от Нека до Горгана считаются сейсмоопасными районами.

2. Наличие активных сбросов у Мазандарана, Астары и Лахиджана способствует повышенной уязвимости побережий в случае землетрясения.

3. Морские берега в центральной части запада Мазандарана – потенциально оползневые районы. Береговая равнина Мазандарана на севере предгорья Эльбурса от Галандруда до Некаруда также подвержена склоновым процессам. Восточная часть Мазандарана и Голистана и район от Талыша до Астары, имеющие низкий склон шельфа, оценены как стабильные районы.

4. Грунты южного берега Каспийского моря близ устьев больших рек Сефидруд и Горганруд и участки у болотных угодий Мианкале, Анзали, Амиркола и Загмарз сильно подвержены плавучести. Морской шельф от Сисангана до Рамсара по сравнению с другими участками по плавучести наиболее опасный.

*Кафедра гидрогеологии и инженерной геологии ЕГУ,  
Национальный центр по изучению и исследованию  
Каспийского моря (Иран)*

*Поступила 03.05.2010*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Dotsenko S.F., Kuzin I.P., Levin B.V. and Solovieva O.N.** Tsunamis in the Caspian Sea: Historical events, regional seismicity and numerical modeling. Proceedings of the International Workshop "Local Tsunami Warning and Mitigation", Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2002, p. 23–31.
2. **Хошраван Х.** Биостратиграфические модели и биофации четвертичных отложений южного берега Каспийского моря. Иран: Изд-во университета Азад Ислами, 2000.
3. **Хошраван Х.** Биостратиграфия и палеогеография четвертичных отложений южного берега Каспийского моря. Исфахана: Изд-во университета Исфахана, 1995.
4. D'Appolonia survey group. Caspian Sea Floor Hazard. Iranian Oil Company Inside Report, 1974.

Ս. Հ. ՀԱՅՐՈՅԱՆ, Հ. ԽՈՇՐԱՎԱՆ, Հ. Հ. ԲԱՐԻՄԱՆԻ

ԿԱՍՊԻՑ ԾՈՎԻ ՀԱՐԱՎԱՅԻՆ ԱՓԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ  
ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Ամփոփում

Աշխատանքում բերվում է Կասպից ծովի հարավային ափերի երկրաբանական կառուցվածքի, տեկտոնիկայի և ձևաչափության վերլուծությունը: Կատարված է սեյսմիկ և ինժեներոերկրաբանական շրջանացում ըստ սողանքային և լողացող տարածքների խոցելիության: Տվյալները համակարգված են երկրատեղեկատվական (GIS) միջավայրում:

S. H. HAYROYAN, H. KHOSHRAMAN, H. H. BARIMANI

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF EARTHQUAKE ON STABILITY  
OF THE SOUTHERN COAST OF THE CASPIAN SEA

Summary

In this work the analysis of geological structure, tectonics, morphology of the southern coast of the Caspian Sea for the purpose of microseismic division into districts and engineering-geological division into districts on susceptibility of territories to landslides and quicksand processes are resulted. Data are processed in the environment of GIS.