

© 2016 г. А.С. ТАБЕЛИНОВА

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ПРИБРЕЖНЫЕ ЛАНДШАФТЫ МАНГИСТАУСКОЙ И АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТЕЙ КАЗАХСТАНА

*Казахстанский филиал Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова, Астана, Казахстан
e-mail: biota0506@mail.ru*

Колебания уровня Каспийского моря оказали существенное влияние на его дно и берега, а также прибрежные ландшафты северо-восточного побережья Каспийского моря (Мангистауская и Атырауская области Казахстана). Степень влияния колебаний уровня моря на прибрежные ландшафты в значительной степени зависит от рельефа, сформировавшегося во время длительных трансгрессивных фаз (1977–1995 гг., ранне- и поздненовокаспийской трансгрессий), с которым также связана глубина залегания грунтовых вод, границы влияния сгонно-нагонных явлений, основные характеристики почвенно-растительного покрова. Вследствие малых уклонов дна северной части Каспия и прилегающей суши, даже при небольших колебаниях уровня моря происходит значительная миграция береговой линии. При сгоне величина осушки в некоторых районах может достигать 8–12 км, а при нагоне 25–30 км, нанося огромный ущерб хозяйственным объектам. Особенно четко колебания уровня моря проявляются на низменных участках, способствуют перестройке профиля берега и берегового склона и сильно влияют на экзогенные процессы. При повышении уровня образуются новые береговые и подводные аккумулятивные формы, размываются крутые берега и ранее образованные береговые аккумулятивные формы. При понижении уровня идут обратные процессы, сопровождающиеся наращиванием пляжей у берегов и островов. Использование космических снимков со спутников Landsat за июнь месяц 1977, 1987, 1998 и 2013 гг. позволило выделить границы уровня Каспийского моря, выявить вариации растительного покрова, связанные с условиями увлажнения и провести анализ изменения прибрежных ландшафтов. Выделены три зоны по степени влияния колебания уровня моря на прибрежные ландшафты: слабая, умеренная и сильная. Большую часть побережья образуют морские, реже аллювиально-морские равнины, плоские или слабо расчлененные. Во время фаз длительного стояния уровня моря в прибрежных ландшафтах образуются солончаки и болота. После подъема уровня воды начиная с 1978 г. наблюдалась смена почвенно-растительного покрова, вдоль береговой линии появлялись камышовые и тростниковые заросли, увеличилась минерализация грунтовых вод. По мере падения уровня моря (с 1995–1996 гг.) участки, вышедшие из-под воды, подверглись вторичному засолению и сформировались группировки галофитов. Умеренному влиянию колебаний уровня моря подвергаются долинны ландшафты, морская слабонаклонная равнина с оловой переработкой и слабодисциплинированная равнина с соровыми и озерными понижениями. Ландшафты, расположенные в районах, занимавшихся ранненовокаспийской трансгрессией, не подвергаются периодическому влиянию сгонно-нагонных процессов и находятся в условиях относительно глубокого залегания минерализованных грунтовых вод.

Ключевые слова: северо-восточное побережье Каспийского моря, колебания уровня моря, прибрежные ландшафты, космические снимки.

Каспийское море характеризуется динамичным режимом колебаний уровня воды. Непрерывное понижение его фонового уровня, наблюдавшееся в 1930–1977 гг., составило 3.2 м, в среднем около 4 см/год. Начиная с 1979 г. уровень Каспия начал резко повышаться, и за период с 1979 по 1995 г. поднялся на 2.35 м при средней интенсивности около 14.3 см/год [1]. В 1995 г. повышение замедлилось и с 1996 г. вновь сменилось понижением (рис. 1). В настоящее время уровень моря находится на высоте –27.57 м [2].

В четвертичную эпоху изменения уровня Каспийского моря были связаны в основном со сменой трансгрессивных (бакинская, хазарская, хвалынская и новокаспийская трансгрессии) и регрессионных фаз [3], вызванных чередованием ледниковых и межледниковых эпох, когда менялся циркуляционный режим атмосферы и сток

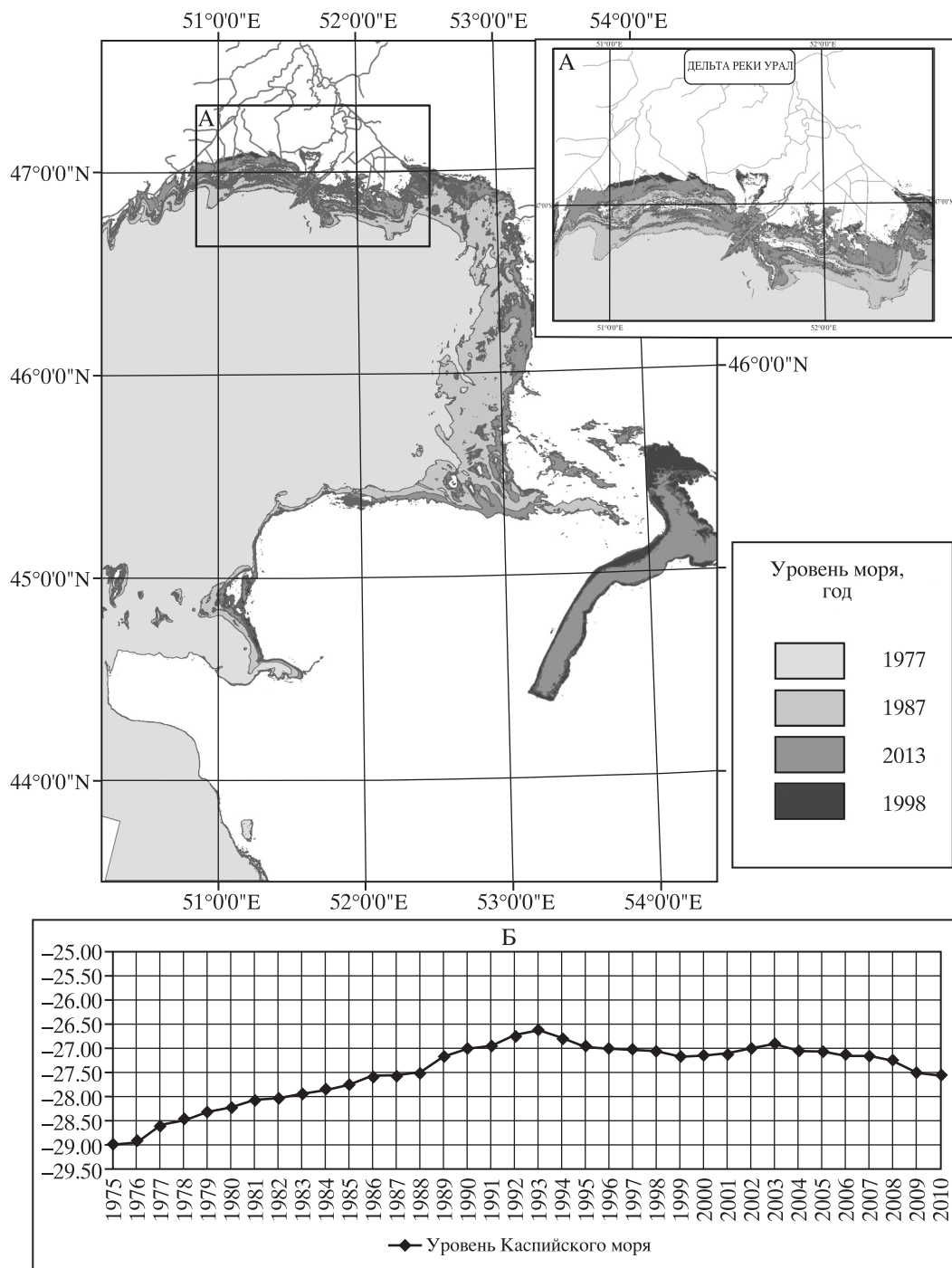


Рис. 1. Колебания уровня Каспийского моря

А – дельта реки Урал и прилегающее побережье, Б – изменения уровня моря в период 1975–2010 гг. [по 2]

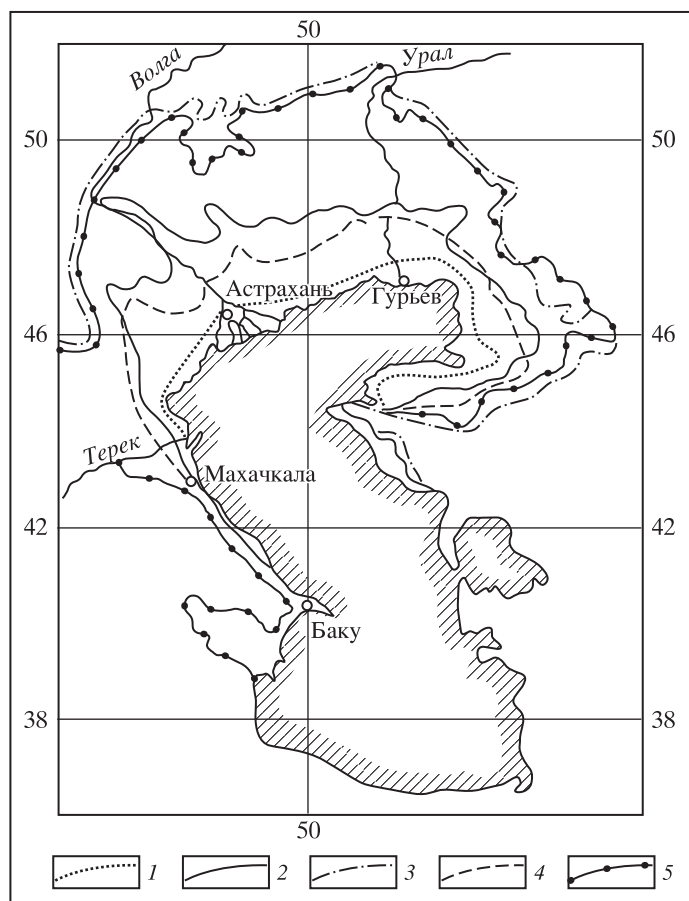


Рис. 2. Границы распространения морских трансгрессий в Прикаспийской впадине: 1 – новокаспийской, 2 – позднихвалынской, 3 – хвалынской (максимальной), 4 – позднехазарской, 5 – раннехазарской [3]

Волги (рис. 2). Наиболее значительной была хвалынская трансгрессия, в ходе которой уровень достиг абсолютных отметок +47 м, что на 75 м выше современного показателя. Морские хвалынские отложения перекрыли более ранние хазарские и бакинские.

Изменения уровня Каспийского моря оказали существенное влияние на его дно и берега, а также прибрежные ландшафты СВ побережья Каспийского моря (Атырауская и Мангистауская области Казахстана). Дно здесь занято мелководной слабоволнистой аккумулятивной равниной, на которой вблизи

устья р. Урал расположены так называемые “бороздины”. Самые крупные из них – Уральская и Мангышлакская (первая – затопленная часть долины р. Урал, вторая – затопленный участок долины ныне не существующей реки) [4].

На низменном побережье, занятом обширной сорово-солончаковой равниной, часто встречаются засоленные понижения. После подъема уровня Каспийского моря на 2.5 м (1978 г.) наиболее глубокие участки равнины были затоплены, по мере падения уровня моря с 1996 г., они подверглись вторичному засолению.

Вследствие малых уклонов дна северной части Каспия и прилегающей суши (Атырауская область Казахстана), даже при небольших колебаниях уровня моря происходит значительная миграция береговой линии (до 15 км при изменениях фонового уровня моря на 1 м).

Морские трансгрессии и регрессии, служащие причиной осушения или затопления прибрежных ландшафтов, особенно четко проявляются на низменных участках, они способствуют перестройке профиля берега и берегового склона, существенно изменяются экзогенные процессы, оказывающие влияние на прибрежную зону. При повышении уровня увеличиваются глубины, а также энергия ветровых волн в связи с возросшей площадью бассейна, что приводит к росту количества переносимого материала. В результате образуются новые береговые и подводные аккумулятивные формы (валы, гряды). Одновременно размываются более крутые берега и ранее образованные аккумулятивные формы рельефа. При понижении уровня идут обратные процессы,

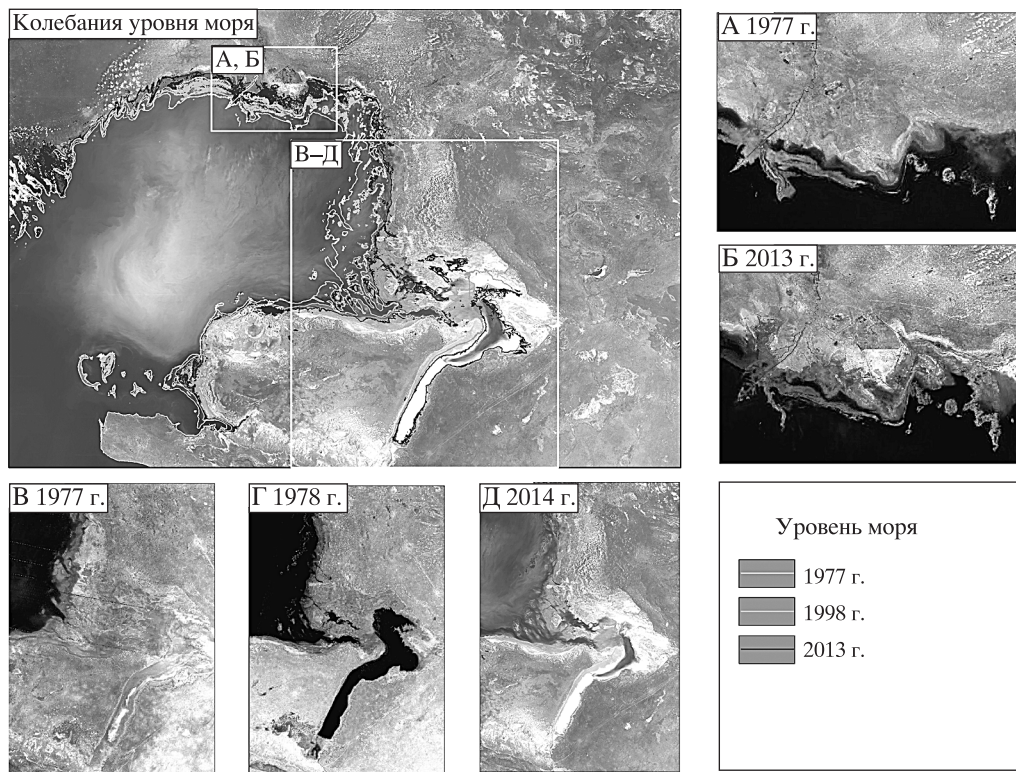


Рис. 3. Синтез космического снимка Landsat на территорию северо-восточного побережья Каспийского моря (Атырауская и Мангистауская обл. Казахстана) (в период с 1977 по 2014 гг.)

сопровождающиеся наращиванием пляжей у берегов и островов за счет донных отложений [5].

Для определения основных причинно-следственных связей влияния колебаний уровня Каспийского моря на прибрежные ландшафты, а также для выявления и картографирования опасных экзогенных процессов природного и техногенного генезиса были использованы мультиспектральные космические снимки территории Атырауской и северной части Мангистауской областей Казахстана (рис. 3) со спутников Landsat за июнь 1977, 1987, 1998 и 2013 гг.

Идентификация водного зеркала была выполнена на основе нормализованного дифференциального индекса влагосодержания NDWI (Normalized Difference Water Index), для расчета которого использовалась следующая формула:

$$NDWI = (NIR - MIR) / (NIR + MIR),$$

где NIR – значение спектральной яркости в ближней инфракрасной области спектра, MIR – значение спектральной яркости в средней инфракрасной области спектра [6].

Совместное использование значений яркостных характеристик и синтез каналов космических снимков со спутников Landsat за июнь месяц 1977, 1987, 1998 и 2013 гг. позволили контрастно оттенить поверхности водоемов и выделить границы уровня Каспийского моря (рис. 3), выявить вариации растительного покрова, связанные с условиями увлажнения и провести сравнительный анализ изменения прибрежных ландшафтов под влиянием колебаний уровня моря за исследуемый период.

На снимках видно, что уровень моря 1977 г. значительно ниже уровня 1987 и 1998 гг. Особенно это хорошо прослеживается в северной части Каспия (дельта реки Жайык и прилегающее побережье). В 1995 г. повышение уровня замедлилось, а с

1996 г. началось понижение. На снимке (рис. 3Б, Д) видно, что участки, вышедшие из-под воды, подверглись вторичному засолению.

Колебания уровня Каспийского моря и связанные с ними изменения уровня и минерализации грунтовых вод повлияли на почвенно-растительный покров. На основе синтеза снимков со спутников Landsat 5 и 7 ETM+ по каналам 4, 3, 2 была определена специфика растительного покрова за период 1987–2014 гг. Плотный красно-розовый цвет (на цветных снимках) является показателем насыщенности растительности хлорофиллом, а также позволяет выделить засоленные участки.

По мере повышения уровня моря вдоль береговой линии быстро появились камышовые и тростниковые заросли. После отступления уровня с 1996 г. на осушенных участках морского дна возникли очаги поверхностного засоления и сформировались группировки галофитов, которые особенно хорошо прослеживаются в дельте р. Жайык и на прилегающем побережье (рис. 3Б).

В прибрежной зоне из-за сгонно-нагонных колебаний уровня моря существенно изменяются гидролого-морфологические и гидрохимические процессы. В среднем, в год отмечается от 3–5 до 15–20 нагонов и сгонов, поэтому 80–85% времени береговая линия у СВ части Каспия неустойчива и периодически мигрирует. При сгоне величина осушки в некоторых районах может достигать 8–12 км, а при нагоне 25–30 км. Наиболее часто нагоны длятся 2–3 сут., максимальная их продолжительность достигает 6–8 сут. [5]. В современных условиях при высоком уровне воды Каспия нагоны более 0.4 м вызывают затопление прибрежной территории и другие негативные геоэкологические процессы, нанося огромный ущерб хозяйственным объектам. Нагоны повышают уровень грунтовых вод и существенно влияют на рельеф низменных побережий. Например, в последние годы такие сухие соры как Мертвый Култук и Кайдак (рис. 3В, Г, Д) в результате подтопления превратились во влажные (вода в них поступает во время нагонов).

В результате анализа синтезированных снимков Landsat прибрежной зоны северо-восточного Каспия по степени влияния колебаний уровня моря на прибрежные ландшафты были выделены три зоны: слабая, умеренная и сильная (рис. 4). Основными критериями при зонировании были данные о сгонно-нагонных процессах, глубине залегания и минерализации грунтовых вод, рельеф прибрежной зоны. Также использовалась информация по характеру и интенсивности изменений прибрежных ландшафтов, связанных с колебаниями уровня моря: степени засоления почвенного покрова, изменений проективного покрытия и характера растительного покрова (например, замена сарсазановой, тасбиюргуновой в сочетании с кустарниковыми сообществами растительности на галофитно-кустарниковую вследствие поднятия уровня (“подтягивания”) высокоминерализованных грунтовых вод).

На рис. 4 под номерами 1–5 представлены следующие виды пустынных ландшафтов [по 8]:

1 – первичная морская слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разнородных песков с луговой, биюргуновой и однолетнесолянковой растительностью на лиманных луговых, лугово-болотных почвах и солонцах луговых;

2 – морская слабонаклонная слаборасчлененная равнина с соровыми и озерными понижениями, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесолянковой, полынной растительностью в сочетании с тамарисковыми зарослями на приморских луговых почвах в комплексе с солончаками;

3 – морская слабонаклонная равнина с золовой переработкой, осложненная дефляционными котловинами и денудационными останцами, сложенная глинами, суглинками, песками с кияковой, шагырово-разнотравной, полынной растительностью, осложненная озерными, соровыми и солончаковыми понижениями, сложенная глинами, суглинками, песками с сарсазановой, однолетнесолянковой, полынной и тамарисковой растительностью на песках и бурых засоленных почвах;

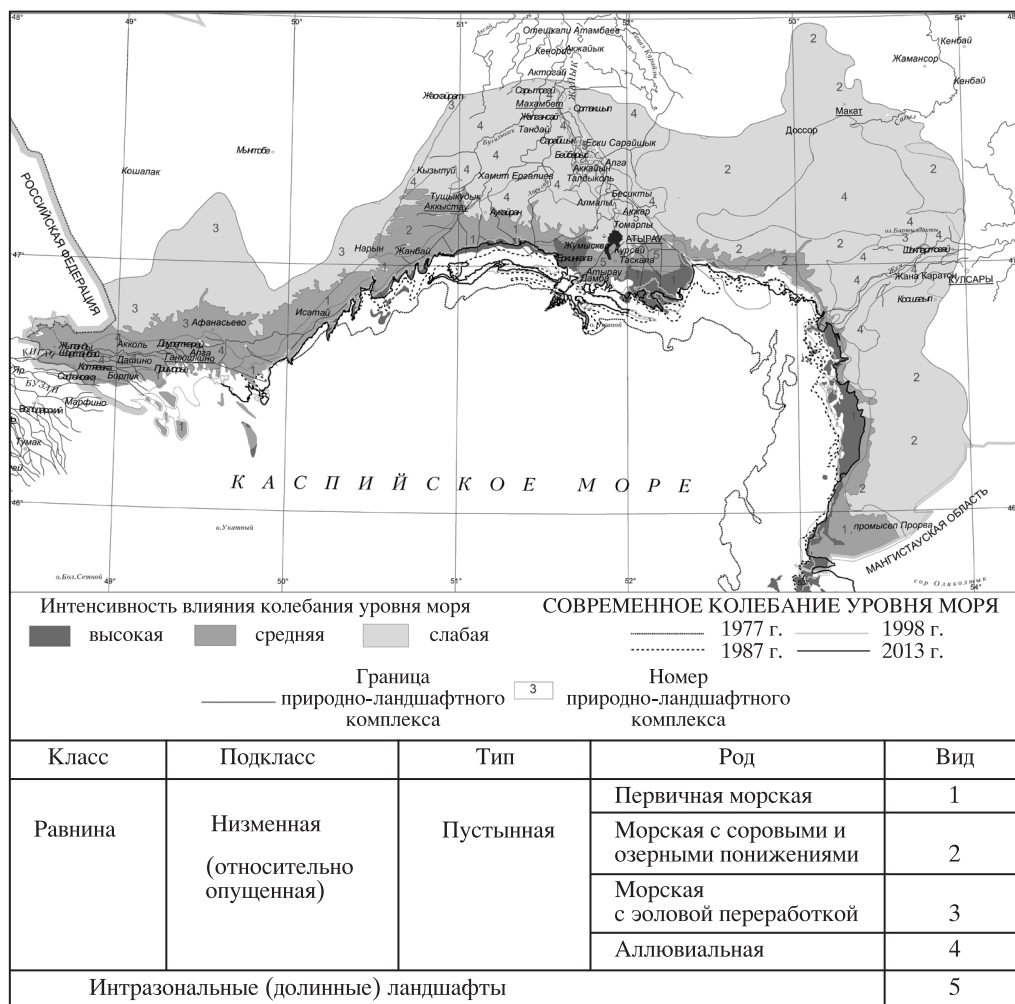


Рис. 4. Влияние колебания уровня моря на прибрежные ландшафты (комментарии в тексте) [7]

4 – аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная бэровскими буграми, соровыми, озерными и солончаковыми понижениями с сарсазановой в сочетании с полынной растительностью на бэровских буграх, солончаках и солонцах пустынных;

5 – дельта выположенная, с отдельными понижениями, невысокими буграми и гривами, сложенная глинами, суглинками, песками с луговой, тростниковой, биюргуновой, местами древесно-кустарниковой растительностью на лугово-бурых засоленных и пойменных луговых почвах.

Большую часть побережья северо-восточного Каспия занимают морские, реже аллювиально-морские равнины, плоские или слабо расчлененные сорами, лиманами и временными водотоками, с относительными превышениями в среднем 1–3 м и незначительными уклонами. Значительное влияние колебания уровня моря оказывают на пустынные ландшафты низменных (относительно опущенных) равнин [8], так как ландшафты относительно приподнятых равнин (слабоволнистых, высотой до 20 м), расположены в условиях относительно глубокого залегания грунтовых вод (более 15 м) и не подвергаются периодическому влиянию стонно-нагонных процессов.

Колебания уровня моря очень сильно влияют также на ландшафты первичных морских слабонаклонных равнин (рис. 4, вид ландшафта 1) так как они первыми претерпевают существенные изменения гидролого-морфологических и гидрохимических процессов при стонно-нагонных явлениях. Эти равнины затапливались морскими водами в 1977–1995 гг. Во время фаз длительного стояния уровня моря благодаря подпору подземного стока, направленного к морю, в прибрежных ландшафтах образуются солончаки, территория заболачивается. После подъема фонового уровня воды начиная с 1978 г. здесь происходила смена почвенно-растительного покрова (вдоль береговой линии появились камышовые и тростниковые заросли), увеличилась минерализация грунтовых вод. По мере падения уровня моря с 1996 г. участки, вышедшие из-под воды, подверглись вторичному засолению и сформировались группировки галофитов.

Умеренному влиянию колебания уровня моря подвергаются интразональные (долинные) ландшафты (вид 5, рис. 4). Они сформировались в условиях близкого залегания грунтовых вод (1–2 м и выше), поэтому более чувствительны к изменению глубины и минерализации грунтовой воды. Также умеренному влиянию подвергаются такие виды ландшафтов как морская слабонаклонная равнина с эоловой переработкой (вид 2) и слабоборасчлененная равнина с соровыми и озерными понижениями (вид 3). На изученной территории на абс. отметках –25 м проходит граница ранне- и поздневокаспийской частей равнины, заметная по перегибу поверхности или по присутствию береговых валов высотой до 0.7 м [9]. В отличие от территорий, занимавшихся ранненовокаспийской трансгрессией, районы бывшей поздневокаспийской трансгрессии периодически затапливаются во время сильных нагонов. Они характеризуются большей минерализацией ($35\text{--}50\text{ г/дм}^3$) и меньшей глубиной залегания минерализованных грунтовых вод (10–15 м) поэтому находящиеся здесь ландшафты относятся к категории подверженных умеренному влиянию колебаний уровня моря.

Колебания уровня моря слабо влияют на ландшафты, расположенные в районах, заливавшихся водами ранненовокаспийской трансгрессии, но не подвергающихся сейчас периодическому влиянию стонно-нагонных процессов в виду отдаленности от береговой линии моря. Минерализованные грунтовые воды находятся здесь на относительно большой глубине (более 50 м). Это, прежде всего, аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная бэровскими буграми (высотой до 8 м и длиной до 5 км, шириной 200–500 м) (вид ландшафта 4). На этой территории встречаются также ландшафты морской слабоборасчлененной равнины с соровыми и озерными понижениями (вид 2) и морской слабонаклонной равнины с эоловой переработкой, осложненной дефляционными котловинами и денудационными останцами, сложенной глинами, суглинками, песками с полынной и тамарисковой растительностью на песках и бурых засоленных почвах (вид ландшафта 3).

Исследования показали, что интенсивность влияния колебания уровня моря на прибрежные ландшафты в значительной степени зависит от рельефа, сформировавшегося во время длительных трансгрессивных фаз (1977–1995 гг., ранне- и поздневокаспийской трансгрессий), с которым также связаны глубина залегания грунтовых вод, границы влияния стонно-нагонных явлений, основные характеристики почвенно-растительного покрова. Рельефа – важный компонент ландшафтов шельфа и береговой зоны. От направленности и интенсивности его формирования зависит состояние и устойчивое развитие современных ландшафтов, а также жизнеспособность социальной и хозяйственной инфраструктур побережья, что позволяет выделить “зону риска” [3] и классифицировать ландшафты по степени опасности для строительства и затопления нефтяных объектов и другой хозяйственной деятельности.

Для предотвращения рисков и негативных геоэкологических последствий повышения уровня моря необходимы исследования происходящих процессов и оптимизация природопользования на прибрежных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоэкологические изменения при колебаниях уровня Каспийского моря. М.: Географический ф-т МГУ, 1997. 208 с.
2. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспийского моря). Астана: ГЭФ ПРООН, 2007. 264 с.
3. Рычагов Г.И. Колебание уровня Каспийского моря: причины, последствия, прогноз // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 4–12.
4. Зонн И.С., Жильцов С.С. Каспийский регион: география, экономика, политика. М.: Эдель-М, 2003. 638 с.
5. Кожасметов Б.Т., Парамонова Г.Л. Современная динамика дна и берегов Северо-Восточного Каспия // Геология Казахстана. 1999. № 1. С. 73–78.
6. Gao B.-C. and Goetz A.F.H. Retrieval of equivalent water thickness and information related to biochemical components of vegetation canopies for AVIRIS data// Remote Sens. Environ. 1995. No. 52. P. 155–162.
7. Табелинова А.С. Влияние колебаний уровня Каспийского моря на прибрежные ландшафты. Карта м-ба 1:1 000 000 // Атлас Атырауской области. Алматы: Казгеодезия, 2014. С. 236–237.
8. Крылова В.С. Ландшафтная карта. М-б 1:1 500 000 // Атлас Атырауской области. Алматы: Казгеодезия, 2014. С. 114–117.
9. Акиянова Ф.Ж., Медеу А.Р., Нурмамбетов Э.И. Геоморфология. Карта м-ба 1:500 000 // Атлас Атырауской области. Алматы: Казгеодезия, 2014. С. 48.
10. Михайлов В.Н., Рычагов Г.И., Повалишикова Е.С. Является ли недавний подъем уровня Каспийского моря и его последствия природной катастрофой? // Вестник РФФИ. 1998. № 4. С. 51–60.

Поступила в редакцию 14.12.2015

THE CASPIAN SEA LEVEL FLUCTUATIONS INFLUENCE ON THE COASTAL LANDSCAPES OF MANGISTAU AND ATYRAU REGIONS OF KAZAKHSTAN

A.S. TABELINOVA

*Kazakhstan Branch of Lomonosov Moscow State University, Astana, Kazakhstan
e-mail: biota0506@mail.ru*

The article states main stages and impact of Caspian Sea level fluctuations on the north-eastern coastal landscapes (coastal area in Mangistau and Atyrau regions of Kazakhstan) for the periods of 1978 to 2014. Land cover changes and distribution of negative geo-ecological processes (salinity, flooding) were identified based on the use of Landsat 1977, 1987, 1998, 2013 multispectral satellite images. Normalized Difference Water Index (NDWI) was calculated to identify the water table. On the basis of the values of brightness characteristics and synthesis of Landsat satellite images channels the article explains the correlation between vegetation and coast moisture conditions during transgressive phases and emergence of saline areas in the receding coastline. The author's research objective was to evaluate the degree of sea level fluctuations impact (high, moderate, low) on different types of observed landscapes which have been exposed to marine transgressions in different geological epochs. As a result, the main conclusion was made that the intensity of the impact of sea level fluctuations on coastal landscapes to a large extent depends on the terrain, formed during long transgressive phases (1977–1995 years, the earliest- and late Caspian transgressions) which also connected with groundwater depth level, wind-driven waves zone of impact and the main characteristics of land cover. The author emphasizes that the study of modern areas affected by flooding will help to determine “risk flood zone” and to define danger levels of areas for a different economic activities development.

Keywords: sea level fluctuations, coastal areas of the Caspian Sea, coastal landscapes, surging, degree of impact, Normalized Difference Water Index, synthesis of Landsat satellite images channels.

doi:10.15356/0435-4281-2016-2-96-103