

+УДК 624.131.1+577.4(-925.22)

В. П. БОЧКАРЕВ¹, А. Н. МИТРОФАНОВА², С. А. НОВИЦКИЙ³,
Р. Ш. КАЛИТА⁴, Г. А. КОЗИНА⁵, Е. С. СЛЮНЯЕВА⁶

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ В СВЯЗИ С ОСВОЕНИЕМ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Антропотекті нысандардың геологиялық ортаға өсерінің талдауы жасалған. Экожүйесіне орасан техногендік салмақ көстін бірқатар негативтік экономикалық, экологиялық және экзотекті геодинамикалық оралымдар және құбылыстар бар. Құрлықты қайталанатын уақытша лас су басып кетуі егін шаруашылығына жарамайтын қылады және олардың өнімділігін төмендететіні белгіленген.

Проведен анализ воздействия антропогенных объектов на геологическую среду. Колossalные техногенные нагрузки на экосистему обуславливают ряд негативных экономических, экологических и экзогенных геодинамических процессов и явлений. Выявлено, что периодически временные затопления суши загрязненными нагонными водами выводят из пользования сельхозугодья и снижают их продуктивность.

Analysis of influence of anthropogenic objects on the geological environment was carried out. Huge technogenic load on the ecosystem causes a number of negative economic, ecological and exogenic geodynamic processes and phenomena. It was determined that recurring temporary flooding by contaminated water surges prevent using arable lands and reduce their productivity.

Каспийское море (К м) – крупнейший внутристранственный бессточный водоем Земли. Огромная площадь водосборного бассейна Каспия (более 3,1 млн км²), большое разнообразие его климатических условий, а в последние годы и антропогенные воздействия определяют современную водобалансовую динамику его акватории. Ее внешними проявлениями служат флюктуации уровняенного режима Км. Фоновый уровень моря в геологическом, историческом прошлом и на современном этапе постоянно изменялся под влиянием климатических, гидрологических факторов и тектонических (преимущественно вертикальных) движений. Только в плейстоцене амплитуда изменений уровня К м достигала 100 м (от плюс 50 м – бакинская трансгрессия, до минус 50 м – хазаро-хвалынская регрессия). Средний уровень К м в этот период близок к 0 м абс. Огромное влияние на формирование континентального стока в это время оказывали крупные оледенения. В этапы оледенения происходили глубокие регрессии, в межледниковые – трансгрессии [14].

За последние 3 тысячи лет амплитуда фоновых изменений уровня Км достигала 12 м при средней отметке минус 28 м абс. Современная трансгрессия (1978–1995 гг.) со средней интенсивностью 14 см в год (в 1990 г. до 36 см) достигла отметки – 26,6 м (1996 г.). За это время уровень К м повысился на 2,5 м. В последующем уровень стабилизировался на горизонтали - 27 м.

Пологие берега и отмели С-В Прикаспия подвержены значительным кратковременным (до 2–6 сут) изменениям уровня под воздействием солено-нагонных явлений. Высота ветровых нагонов в районе Тенгизского месторождения и сора Мертвый Култук достигает 2,4–2,6 м; соленные понижения уровня составляют 1,5 м. При сильных нагонах в Атырауской области ширина зоны затопления достигает 30 км. При повышении уровня моря на 1 м затапливаются площади до 15–17 тыс. км². Все это вызывает серьезные и катастрофические экологические последствия и наносит большой материальный ущерб [10, 14, 15]. Наиболее глубокие и масштабные социально-экономические и отрицательные экологические

^{1,2}Казахстан. 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева.

последствия подъемов уровня К м (фоновые и нагонные) фиксируются на освоенных прибрежных территориях – зонах крупных нефтегазовых комплексов, городах, крупных населенных пунктах (в том числе г. Атырау), дельтах рек, хозяйствственно-освоенных землях.

Эволюция рельефа Северного Прикаспия проходила под влиянием трансгрессий и регрессий К м и климатических факторов, обусловивших преобладание физического выветривания и плоскостного смыва при слабом развитии эрозионных процессов. Взаимодействие этих факторов обусловило формирование различных типов рельефа, среди которых выделяются морская аккумулятивная равнина, аллювиально-дельтовая аккумулятивная равнина, дельтовая равнина с экзотическими полигенными образованиями – «бэровскими буграми». В результате перевешивания песчаного субстрата морских равнин и аллювиальных отложений формируется эоловый рельеф [5].

Конфигурация берегов, особенности рельефа обуславливают пространственную неравномерность сгонов и нагонов. Во всех изгибах береговой черты, образующих заливы, нагоны увеличиваются к их вершинам и уменьшаются на выпуклых формах [8]. Среди форм антропогенного рельефа на побережье выделяются рельефоиды – насыпи железных и автомобильных дорог, карьеры, ирригационные каналы, протяженные дамбы, защищающие населенные пункты и нефтяные промыслы от наводнений и часто используемые как дороги. Рельефообразующая деятельность человека видоизменяет естественный рельеф Северного Прикаспия, трансформируя его в техногенный.

Подземные воды Северного Прикаспия отличаются малой водообильностью, имеют большую минерализацию и низкие эксплуатационные запасы. Водоносные горизонты приурочены к комплексам морских новокаспийских, хвалынских, казарских, бакинских и аллювиальных, аллювиально-дельтовых, эоловых, соровых четвертичных отложений. Они содержат малоперспективные высокоминерализованные воды. Так, в хвалынских отложениях производительность водопунктов 0,01–0,36 л/с с минерализацией 50–170 г/л. Химический состав соленых вод и рассолов хлоридно-натриевый и сульфатно-хлоридный. Отмечаются локальные участки пресных и слабосолоноватых грунтовых вод с дебитами водо-пунктов 0,01–0,8 л/с и минерализацией 1–3 г/л гидрокарбонатного состава, которые приурочены к аллювиальным отложениям протоки Кигаш, рек Урала и Эмбы [2, 6]. Наибольший интерес представляют пресные и слабосолоноватые воды с водообильностью 0,03–0,3 л/с, вскрывающиеся в виде линз в слабозакрепленных и не закрепленных песчаных массивах Рын-пески, Ментеке и Каракумы [2].

В целом в прибрежной зоне преобладают сильно минерализованные грунтовые воды с глубиной залегания до 1 м. Подъем уровня моря и ветроволновые нагоны вызывают подтопление территорий и подпор подземного стока на расстояние до 30 км от береговой линии. Это ухудшает качество грунтовых вод, а также условия инженерно-хозяйственного освоения территории вследствие резкого снижения несущей способности грунтов, их засоления и повышения агрессивности.

Прикаспийская низменность – это молодая аккумулятивная равнина, сложенная морскими осадками четвертичных трансгрессий Каспия и разнообразными континентальными образованиями. Представлены они отложениями терригенной формации, которая включает в себя субформации озерно-аллювиально-дельтовых равнин, пустынь, полупустынь и морских равнин.

Террасы и поймы рек Волги, Урала, Эмбы и других более мелких сложены аллювиальными супесчано-глинистыми отложениями. Лиманно-аллювиальные и дельтовые накопления приурочены к дельтам рек Волги, Урала, Эмбы. Эоловыми образованиями сложены песчаные бугристые массивы Ментеке, Рын-пески, Каракумы и ряд более мелких. Своей обширной областью распространения эоловых накоплений (бэровских бугров) являются низовья Волги и Эмбы. Здесь они слагают широтно-ориентированные гряды длиной до нескольких километров и представлены мелко-комковатым, песчано-глинистым материалом, бронированным сверху коркой загипсованных глин. Обширные площади занимает субформация морских равнин, сложенных новокаспийскими, хвалынскими, казарскими и бакинскими отложениями [14].

Новокаспийские отложения слагают морскую равнину (абс. отм. –21–22 м) и представлены преимущественно песками с примесью суглини-

стого материала, ила и рыхлого ракушечника, общей мощностью до 3,0 м. Пески от тонкозернистых пылеватых до мелкозернистых рыхлого и плотного сложения. В естественных условиях консистенция суглинистых грунтов изменяется от твердого до текучего состояния и отличается постоянной плотностью 2,69 г/см³. Поскольку объемная масса зависит от общей пористости и влажности, интервал изменений здесь более широк (от 1,69 до 1,97 г/см³). Особенностью грунтов является их высокая коррозионная способность.

Морскими верхнехвалынскими отложениями ($mQ_{III}hv_2$) сложены аккумулятивные террасы побережья К м. Преимущественно развиты здесь пески от сухих до влажных (3,61–11,6 %) со стабильной плотностью 2,67 г/см³ и пористостью 33 %.

Наибольший интерес с инженерно-геологической точки зрения представляют нижнехвалынские ($mQ_{III}hv_1$) морские осадки, слагающие равнину и ингрессивно заходящие в долины Волги, Урала и Эмбы, где выполняют верхнюю часть разреза. Мощность их достигает 10 м; подстилающими являются хазарские и бакинские накопления. Образование хвалынских отложений связано с трансгрессиями древнего Каспия. Фации открытого моря свойственны древним понижениям – это балки, лиманы, падины с характерными шоколадными глинами, однородность которых нарушается прослойками пылевато-суглинистого и мучнисто-песчаного материала мощностью до 10 см. Отложениям мелководной фации, развитой на третьей надпойменной террасе и хвалынской морской равнине, свойственны небольшая мощность (5–7 м) и отсутствие вышеупомянутого горизонта. Литологически это пески, супеси, суглинки и глины, для которых характерно чередование и замещение в разрезах и площади [14].

Шоколадные глины имеют структуру пелитового типа и представлены тонкодисперсной составляющей – содержание частиц < 0,001 мм достигает 86 %. В минералогическом составе глин присутствуют каолинит, монтмориллонит, кварц, кальций, однако преобладает иллит. Глинистые минералы шоколадных глин меняют состояние и свойства в зависимости от состава и концентрации порового раствора. Ввиду высокой дисперсности гидрослюдистого минералогичес-

кого состава глины обладают высокими значениями верхнего предела пластичности (59–73 %) и числа пластичности (35–45). Естественная влажность их от 21 до 41 %. Инженерно-геологические свойства глин и их поведение под сооружениями определяются взаимодействием породообразующих минералов с поровым раствором. При таких характеристиках прочность глин падает до 10–19 раз, что объясняется минералогическим составом и наличием поглощенного натрия, достигающим 38–50 % от емкости поглощения. Силы структурного сцепления наделяют их относительной водоустойчивостью; при размокании они не разрушаются, но резко снижают прочность в 40–70 раз, а в отдельных случаях – до 200 раз. В зависимости от влажности хвалынские глины характеризуются различной степенью деформации, их пластичные разности относятся к среднесжимаемым. Шоколадные глины, в глинистой составляющей которых существует монтмориллонит, способны развить набухание до 28 % [13]. Такая величина набухания имеет существенное значение и должна учитываться при строительстве сооружений. Кроме того, наличие в разрезе глин песчаных прослоек, мелкой трещиноватости, водно-растворимых солей при переменном их увлажнении и высыпывании приводят к снижению сил сцепления в породе, что может способствовать деформации сооружений и оплыванию откосов выемок.

На Прикаспийской низменности проявляются разнообразные современные экзогенные геодинамические процессы (ЭГП), существенно влияющие на инженерно-геологические условия региона.

Наиболее характерные из них – эоловые процессы, засоление и заболачивание грунтов, эрозионная деятельность водных потоков, генонагонные явления, карст и др. Достаточно хорошо экзогеодинамические процессы в Северном Прикаспии охарактеризованы в ранее опубликованных работах и отчетных материалах (В. А. Бочкирева 1973, А. Г. Доскач 1979, Ф. Ж. Акиянова 2001, А. С. Викторов 2003, В. П. Бочкирев и др. 2004).

В современных условиях важнейшим фактором, осложняющим и определяющим экологическое состояние Северного Прикаспия, является неконтролируемая техногенная нагрузка на окружающую среду.

Так, в Атырауской и Мангистауской областях повреждено свыше 2,5 млн га почвенного покрова. За период освоения природных ресурсов (с 1911 г.) здесь пробурено свыше 100 тыс. скважин, на площади 1,6 млн га построены десятки благоустроенных городов и рабочих поселков, 7,5 тыс км транспортных магистралей. Для работ используется в основном тяжелая техника весом 40–80 т, создающая нагрузку до 12 кг/см², при несущей способности почвы не более 1,5 кг/см², уничтожается гумусовый горизонт на глубину 20–40 см. При прокладке трасс магистральных нефтегазо-водопроводов на каждые 100 км трубопровода разрушается до 1000 га площади почвенного покрова. Продуктивность почв при благоприятных условиях обычно восстанавливается в течение 3–5 лет, в пустынной зоне – 8–10 лет [4].

Территория региона богата природными ресурсами – газом, нефтью и является заповедной зоной, для которой разработаны «Особые экологические условия ...», предусматривающие сохранение биоразнообразия и продуктивность водных и околоводных экосистем, предотвращение загрязнения окружающей среды и устойчивое развитие прибрежных зон. Определена 15-ти километровая прибрежная зона существенных экологических ограничений (по отношению к линии моря на 01.01.1994 г.), а также введены запреты на проведение работ в дельтах Волги и Урала в радиусе 50 км [11, 12].

Институтом «КазНИИМОСК» проведено зонирование Прикаспийского региона Казахстана по физико-географическим особенностям природной среды с ее своеобразным режимом миграции береговой линии (сгонно-нагонными явлениями) и выделено 11 районов.

Нами создана картографическая модель с оценкой экологического состояния и антропогенных нагрузок для Атырауской области. Проведен анализ воздействия антропогенных объектов на ГС (геологическая среда) по экологическим районам (I–VI) в масштабе 1:200 000 с использованием топоосновы (1987–2001 гг.) и материалов опубликованных работ Ж. Д. Дуйсебаева (2003). Подсчитаны площади влияния: 1) линейных сооружений – железных, автодорог с асфальтовым покрытием и грунтовых, нефте-, водо- и газопроводов; 2) точечных объектов – крупных городов, нефтепромыслов, поселков, ферм, зимо-

вок и др. Определена площадь каждого экологического района и антропогенных объектов внутри каждого, в результате подсчитано антропогенное влияние на ГС. Наиболее антропогенно «загруженными» являются I, III и IV экорайоны. По площади, занимаемой нефтепромыслами, к первым, загрязняющим, отнесены экорайоны I, IV, V.

Гидрохимическая обстановка отражена в виде ареалов загрязнений агрохимикатами и азотом (нитраты, нитриты и аммонийный азот) в зоне аэрации – это небольшие орошаемые массивы в дельте р. Урала (10 участков площадью от 2 до 25 км²). Ареалы загрязнения металлами, нефтепродуктами, фенолами и др. в зоне аэрации встречаются повсеместно по трассам железных и автомобильных, нефтегазопроводов, в местах сброса отходов складов, перекачивающих насосных станций. По данным отчетных работ Г.В. Долгих (1992), в районах поселков Кульсары, Карагатон, Прорва ширина загрязняющей зоны варьирует от 3 до 60 км.

Методом агрессивной окисляемости определено наличие в воде сверхокисляемого органического вещества. Агрессивная окисляемость до 40% свидетельствует об относительно чистой воде, 40–60 % – о наличии органического загрязнения, 70–80 % – об угрозе замора для гидробионтов. В р. Урале этот показатель в июне 2003 г. составил 44 %, в июле – 33 % [9].

Экологическая напряженность ГС оценена для Атырауской области. Вся прибрежная зона шириной от 15 до 100 км в районе пос. Кульсары, Карагатон и дельта р. Урала с продолжением на север отнесена к территории с нарушенными условиями и является критической, требующей значительных капиталовложений. Темп развития антропогенных нарушений превышает скорость природного самовосстановления, происходит частичное опустынивание. ГС в этих условиях характеризуется уровнем грунтовых вод 1–5 м; антропогенным загрязнением и концентрацией токсичных компонентов 1–10 ПДК; среднеизмененными площадями – 25–50 % на глубину до 100 м, техногенной эрозией почв и образованием непродуктивных ландшафтов, с модулем техногенной нагрузки 1–100 т/км²; пораженностью отдельными ЭГП 5–25 %. Часть площадей периодически затапливается с повышением минерализации поверхностных вод и прогрессирующим

вторичным засолением. Тенденцией к ухудшению экологического состояния и распространением его к югу характеризуется участок вблизи пос. Каратон, здесь развита зона загрязнения почв и грунтовых вод нефтепродуктами и фенолами. Крайняя южная оконечность рассматриваемого региона характеризуется стабилизацией и само-восстановлением ГС. Вся территория Атырауской области за исключением небольших территорий заражена радионуклидами Cs^{137} 1–5 Ku/km^2 .

В настоящее время разработано новое направление учения о ландшафте (математическое моделирование по количественным параметрам с использованием закона распределения Пуассона) для решения различных инженерно-геологических и геэкологических задач: определение пространственной изменчивости инженерно-геологических условий, прогноз и ретроспективный анализ динамических экзогенных геологических процессов, изучение инженерно-геологических и геэкологических условий на основе дистанционных методов. В Северном Прикаспии при изменении объема просадочно-суффозионных форм от 0,262 до 6,635 параметр распределения точек равен 0,912 [3].

Несмотря на всеобщее внимание и возрастающий интерес к Каспийскому региону в связи с нефте- и газодобычей изученность его в инженерных и экологических аспектах недостаточна. Интенсификация добычи усиливает негативные явления: загрязнение морских, речных и подземных вод, активизацию ЭГП, ослабление сейсмической устойчивости территории. Быстрый рост строительных и других работ по обустройству инфраструктуры нефтепромыслов требует проведения крупномасштабных инженерно-геологических исследований, включающих оценку экологического состояния и сейсмической устойчивости региона. Непременным условием контроля изменений ГС является комплексный мониторинг.

Бассейн Км попадает в сферу социально-экономических интересов многих государств, поэтому концепция экологического оздоровления Прикаспийского региона требует разработки межправительственных соглашений и осуществления социальных, научно-технических и экологических проектов, ориентированных на перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкирева В.А. Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. Алма-Ата, 1973. 215 с.
2. Викторов Ф.С. Методы математической морфологии ландшафта в инженерной геологии и геэкологии // Геогеология. 2003. № 5.
3. Географические основы устойчивого развития РК. Алматы: Фылым, 1998. 581с.
4. Геоморфологическая карта Каз ССР, м-б 1:1 500 000 с пояснительной запиской. Алма-Ата, 1991.
5. Гидрогеологическая карта СССР. М-б 1:200 000. Объяснительная записка. М., 1968-75.
6. Доскач А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М., 1979. 140 с.
7. Дюсенгалиев К.И. и др. Экологические проблемы р. Урал в нижнем течении // Вестник Национальной инженерной академии РК. 2004. № 1.
8. Каспийское море у берегов Казахстана / Под редакцией Т.К. Кудекова. Алматы, 2000. 22с.
9. Постановление Кабинета Министров РК № 936 «О производстве геофизических исследований» от 23 сентября 1993.
10. Постановление Правительства РК № 1087 «Об утверждении специальных экологических требований в государственной заповедной зоне в северной части Каспийского моря» от 11 июля 1999.
11. Приклонский В.А., Горькова И.М. др. Инженерно-геологические особенности хвалынских глинистых пород в связи с условиями их формирования // Труды лаборатории гидрогеологических проблем. М., 1956. Т. XIII. 152 с.
12. Реутова Н.С. Инженерно-геологические свойства хвалынских шоколадных глин в связи с условиями их формирования. М., 1957. С. 162-172.
13. Сыдыков Ж.С., Бочкирев В.П. Геоэкологическая обстановка внутриконтинентальных бассейнов Каспийского и Аральского морей // Геология Казахстана. Алматы: Фылым, 1995. № 5-6. С. 110-117.
14. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В. Каспийское море и его прибрежная зона. Алматы, 1995. С. 91-103.
15. Федоров П.В. Стратиграфия четвертичных отложений и история развития Каспийского моря. М., 1957. 308 с.