

А. Л. Брикс

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЮГА УКРАИНЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЛЕГКИМИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

(Рекомендовано д-ром геол.-минерал. наук Н. С. Огняником)

Розглядається історія проведення і результати досліджень однієї з ділянок геологічного середовища, забрудненого авіаційним гасом. Показано, що недостатня детальність польових робіт може призвести до невірної оцінки умов формування зони забруднення.

The history of oil-contaminated subsurface investigation at one area is considered. It is shown that an insufficient volume of field works can lead to an incorrect estimation of forming conditions of the contaminated zone.

Характеристика проблемы и краткое описание истории изучения объекта

В настоящей работе описан случай особой зависимости результатов эколого-геологических исследований от полноты содержательной информации, которая используется для формирования геофильтрационной схемы участка геологической среды (ГС), где наблюдается распространение нефтепродуктового загрязнителя.

Объектом исследований является участок, расположенный на территории аэродромного комплекса около г. Николаев (рис. 1). Трудно изложить историю происхождения проблемы нефтепродуктового загрязнения именно этого участка, так как проблема до недавних пор не существовала. То, что в местах, где хранят или транспортируют нефтепродукты (НП), некоторая их часть попадает в ГС, загрязняя грунты и грунтовые воды, — явление довольно распространенное. Привычным, к сожалению, представляется отсутствие данных о конкретных местах, времени и количественных показателях поступления НП в ГС на протяжении многих лет эксплуатации объектов авиакомплекса. Несколько необычным является полное отсутствие признаков загрязнения водохозяйственных и природных объектов за пределами аэродрома. А ведь именно с этого, как правило, начинаются эколого-геологические работы. Так что, еще много лет ситуация здесь развивалась бы по "сценарию" скрытого загрязнения.

Исследования были начаты в конце 2002 г. в рамках программы общего эколого-геологического обследования ряда военных объектов. Цель поисковых работ начального этапа — проверка возможности существования скоплений легкого нефтепродукта (ЛНП) на уровне грунтовых вод (УГВ). Наиболее ожидаемым считалось нахождение линзы ЛНП в суглинистой толще где-то поблизости от склада горюче-смазочных материалов (ГСМ). Однако ни в пределах склада, ни на других участках приповерхностного загрязнения грунтов скоплений свободного ЛНП в начале обследования не было обнаружено. Лишь в августе 2003 г. в двух пробуренных скважинах, расположенных соответственно в 100 и 200 м ниже по потоку от контура площадки склада, удалось все же "зацепить" край искомой линзы.

Результаты первого этапа исследований

В октябре 2003 г., когда наблюдательная система состояла из более чем трех десятков скважин, слой мобильного керосина был вскрыт в 12 точках (рис. 2). Последняя тринадцатая скважина (скв. 58р) закладывалась предположительно за пределами линзы с целью уточнения ее границы и поэтому не была обустроена надлежащим для мониторинга образом*. На самом деле эта разведочная скважина не просто попала в площадь линзы, а вскрыла ту ее часть, которая имела максимальную толщину слоя мобильного керосина (рис. 3). Ее информативная значимость чрез-

* Речь идет о бесфильтровой скважине, предназначенной только для одноразового определения уровня воды электроуровнемером или хлопущкой.

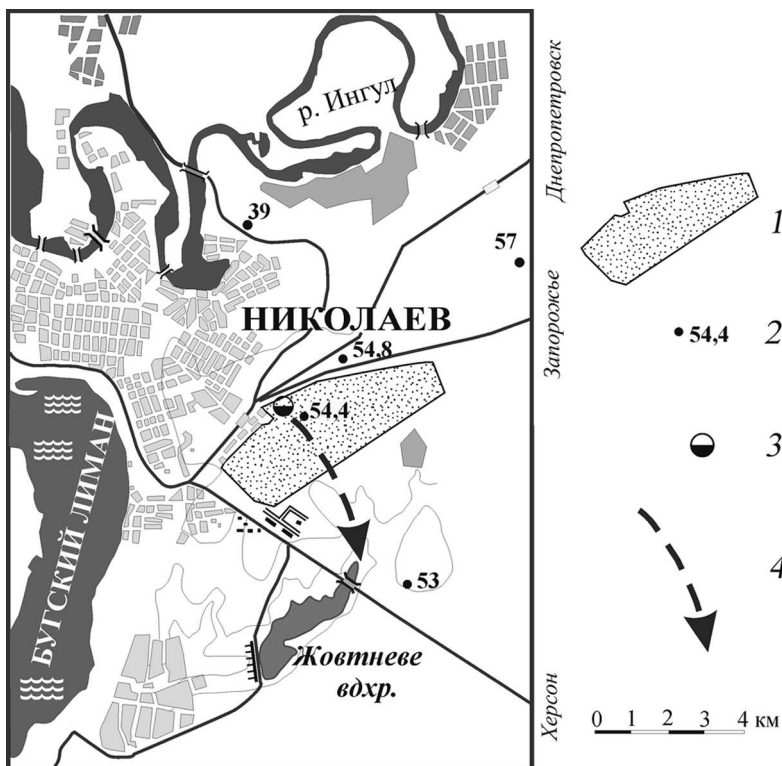


Рис. 1. Обзорная схема района исследований

1 — территория аэродрома; 2 — отметки поверхности земли;
3 — склад ГСМ; 4 — направление вероятного движения линзы ЛНП

вычайна, но понимание этого факта пришло позднее, во время обработки результатов мониторинговых исследований.

Дело в том, что расчетный уровень пьезометрической поверхности по данным замеров в скв. 58р оказался самым низким в пределах рассматриваемого участка. Следовательно, в этом месте должна быть депрессионная воронка, происхождение которой, на первый взгляд, непонятно, поскольку по версии, принятой на основе литературных данных [1] в качестве базовой предпосылки, нисходящее перетекание через регионально распространенный слой красно-бурых глин с коэффициентами фильтрации в пределах $2 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-6}$ м/сут должно быть пренебрежительно малым в сравнении с расходами бокового потока, а искусственный водоотбор на территории аэродрома никогда не проводился.

Для того чтобы устранить несоответствие фактажа и принятой геофильтрационной схемы, необходимо или отказаться от этой схемы, или "отбраковать" сомнительные данные.

В начале исследований предпочтение можно отдать уже принятой схеме, учитывая то, что в дальнейшем фактаж будет пополняться, данные проверяться, а схема корректироваться с учетом дополнительных данных. Итак, в конечном виде, после "исправления" уровня воды в скв. 58р, карта гидроизогипис соответствует схеме плоско-параллельного потока (рис. 2). Некоторое искривление линий тока, наблюдаемое в месте расположения линзы керосина, объяснялось локальным увеличением проводимости отложений.

Составленная таким образом фильтрационная схема применяется для решения эпигнозной задачи с целью выяснения условий образования линзы керосина в ее настоящем виде (рис. 3). Для моделирования линзы использована программная система TFDD (ЗАО "Геолинк Консалтинг", г. Москва) [2].

Некоторые выводы по результатам первого этапа исследований, который при обычных обстоятельствах мог оказаться и заключительным:

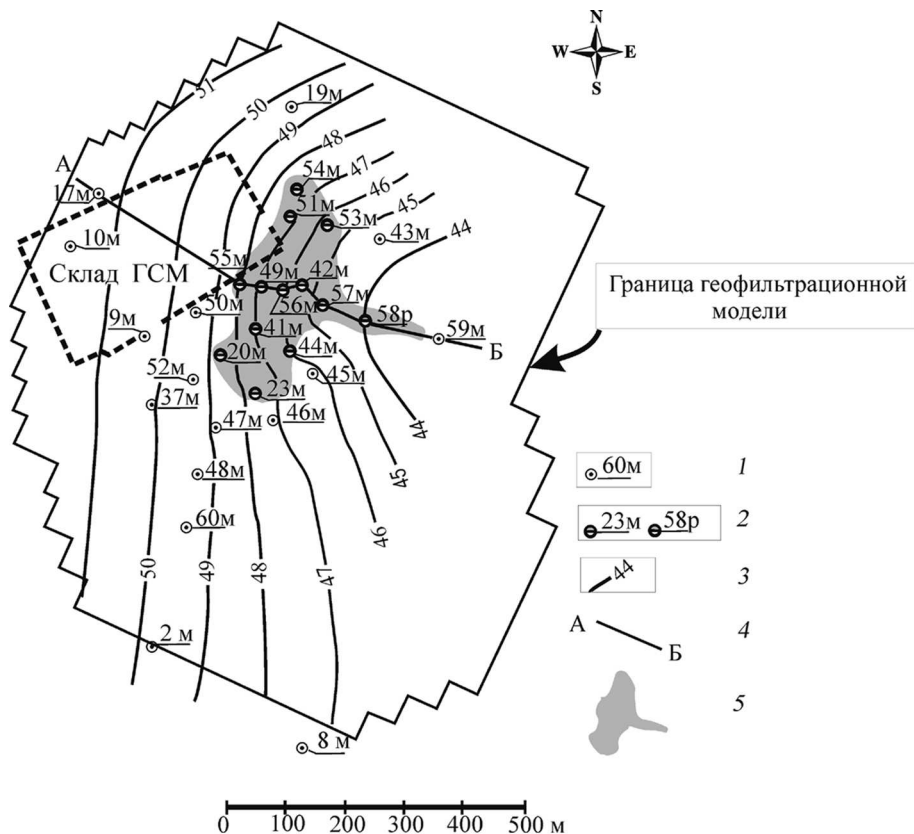


Рис. 2. Карта гидроизогипс первого этапа исследований

1 — наблюдательная (мониторинговая) скв. 60 м; 2 — мониторинговая и разведочная скважины, которые вскрыли слой мобильного НП; 3 — гидроизогипса по состоянию на 25.10.2003 г.; 4 — линия гидрогеологического разреза по линии А—Б; 5 — расположение линзы мобильного НП по состоянию на 25.10.2003 г.

1. Начало интенсивной инфильтрации керосина на складе ГСМ, а следовательно, и формирования линзы керосина следует отнести к 60 гг. XX ст. В дальнейшем линза, двигаясь по направлению потока грунтовых вод, оставила пределы площадки склада ГСМ и на момент обследования продвинулась на максимальное расстояние — 450—500 м.

2. По результатам моделирования в принятой постановке можно прогнозировать, что в настоящее время движение линзы керосина продолжается в юго-восточном направлении со скоростью 10—12 м/год. Поскольку ближайшие водохозяйственные объекты удалены на расстоянии нескольких километров, угрозу их загрязнения можно считать пренебрежительно малой.

На практике обычно на этом исследовании завершаются. Впрочем, если выявленное скопление мобильного ЛНП представляет сколь-нибудь значимый практический

интерес, то исследования могут быть продолжены. В данном случае, кроме практической целесообразности, на решение продолжить исследования повлияла безусловная перспектива получения новой информации научного значения. Насколько нам известно, в Украине ни на одном из выявленных участков нефтепродуктового загрязнения длительные (многолетние) комплексные эколого-гидрогеологические исследования не проводились. Поэтому упустить такую возможность представлялось совершенно недопустимым.

Результаты второго этапа исследований

Если первый этап исследований можно условно назвать поисковым, то второй этап заслужил название наблюдательного. Действительно, начиная с октября 2003 г., на

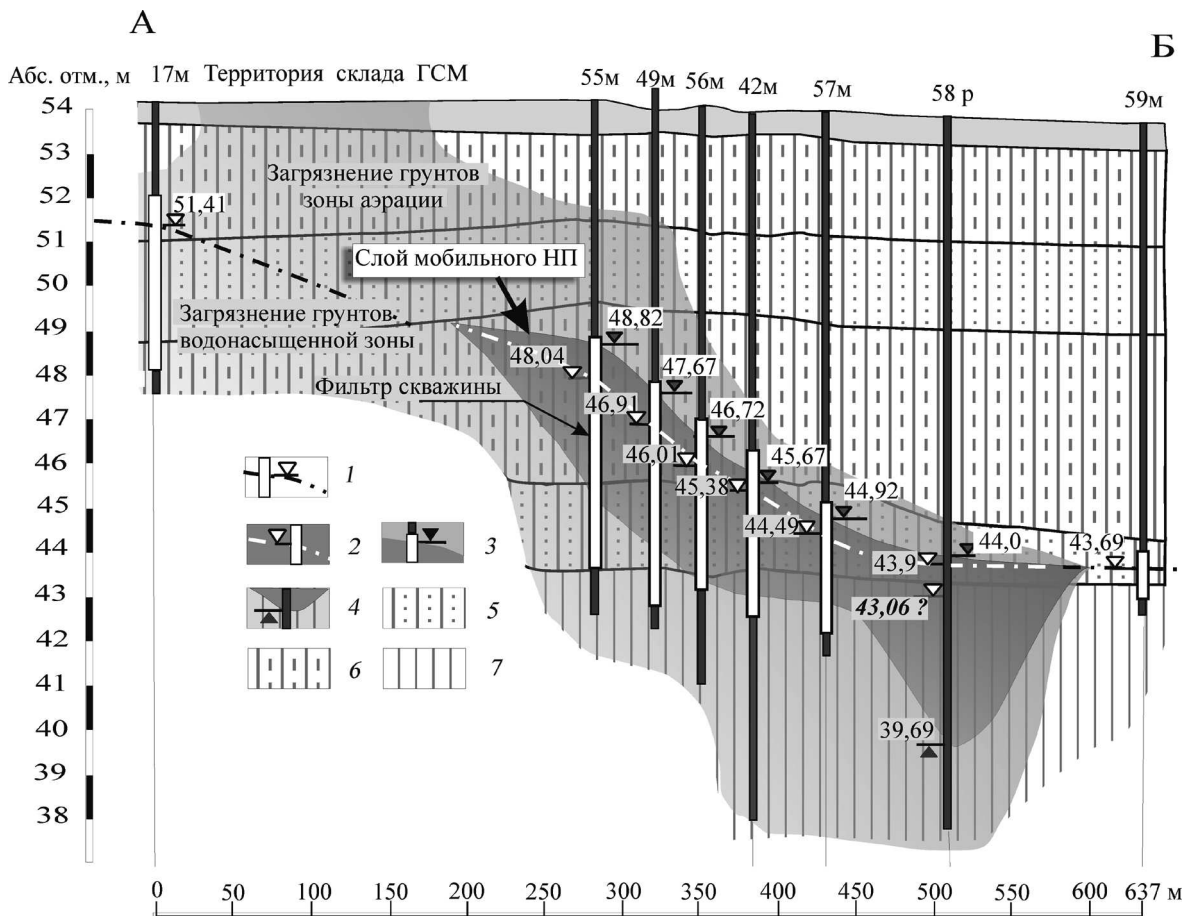


Рис. 3. Гидрогеологический разрез по линии А — Б

1 — уровень воды в мониторинговой скважине; 2 — пьезометрический уровень воды в скважине, которая вскрыла слой мобильного НП; 3 — уровень поверхности раздела "НП — воздух"; 4 — уровень поверхности раздела "НП — вода"; 5 — легкий суглинок; 6 — средний суглинок; 7 — тяжелый суглинок

протяжении более двух лет с периодичностью как минимум раз в квартал проводились замеры в скважинах наблюдательной системы уровней воды и мобильного НП, а также отбор проб воды для определения содержания растворенного НП. Еще одной особенностью второго этапа является расширение территории исследований на запад и юг. С этой целью к рассмотрению были привлечены данные наблюдений еще по 10 скважинам (рис. 4). При построении карты детальная интерполяция замеров уровней воды в скважинах (через 0,25 м) в западной части территории, где наблюдается необычное выполаживание поверхности грунтовых вод, позволила выявить своеобразно вытянутую форму, характерную для погребенных долин рек или балок. Впрочем, это может быть и не погребенная балка, а место

локального утончения слоя красно-бурых глин — "гидрогеологическое окно", через которое грунтовые воды интенсивно разгружаются в нижний водоносный горизонт.

Предположение о наличии "гидрогеологических окон" требует рассматривать минимальное значение уровня воды в скв. 58р не как ошибочный замер (см. выше), а как доказательство реального существования депрессионной воронки, которая образовалась вследствие интенсивного нисходящего перетекания грунтовых вод. Именно реализация этого предположения является одной из особенностей составления модели второго этапа.

Из результатов второго этапа исследований отметим следующее:

1. Выявлены два участка, где интенсивность перетекания намного превышает фоновое значение. Первый участок, располо-

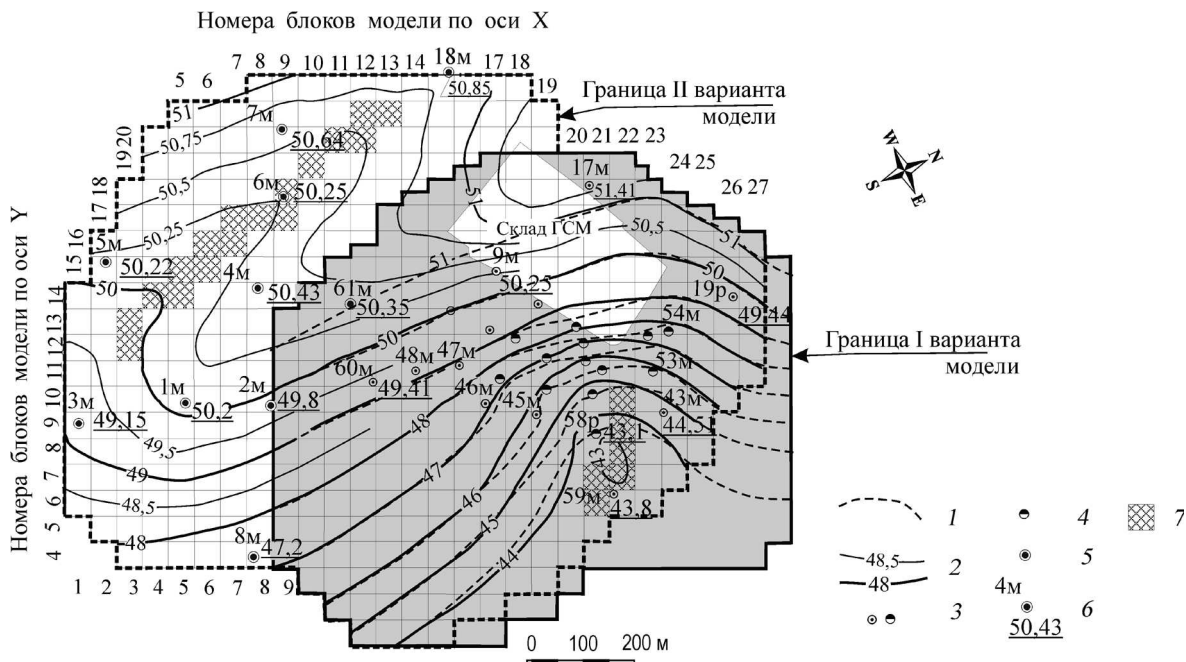


Рис. 4. Сравнительная схема расчетных сеток моделей первого и второго этапов исследований и результаты моделирования стационарной фильтрации грунтовых вод

1 — модельные гидроизогипсы по результатам первого этапа исследований; 2 — модельные гидроизогипсы по результатам второго этапа исследований; 3 — мониторинговые скважины, использованные для составления I и II вариантов модели; 4 — скважина, вскрывшая слой мобильного ЛНП; 5 — мониторинговая скважина, использованная для составления только II варианта карты гидроизогипс; 6 — номер скважины и абсолютная отметка уровня воды по состоянию на 25.10.2003 г., использованы для схематизации на втором этапе исследований; 7 — участок нисходящего перетекания грунтовых вод

женный на западе территории, вытянут с севера на юг в виде узкой полосы. Интенсивность перетекания изменяется от 25 мм/год в верхней части этой полосы до 4—10 мм/год на юге. Второй участок находится к востоку от склада ГСМ (рис. 4). Наибольшая интенсивность вертикальной фильтрации по данным моделирования, как и следовало ожидать, отмечается в центре воронки — 730—745 мм/год, наименьшая составляет 14—17 мм/год. Соответственно максимальная действительная скорость нисходящей фильтрации достигает 0,08 м/сут, а минимальная — 0,0015 м/сут.

2. Если максимальная оценка из-за неизбежных ошибок в определении параметров модели несколько завышена, то все равно вывод может быть только один — нисходящее перетекание загрязненных нефтепродуктами вод уже происходит в настоящее время. Направление и скорость дальнейшего распространения растворенного загрязнителя остаются неизвестными

из-за недостаточной изученности нижежащего водоносного горизонта.

На основании анализа накопленных данных наблюдений и их более детальной интерпретации было установлено следующее:

- схема переноса загрязнителя фильтрационным потоком изменяется в плане в течение года под влиянием неравномерного колебания УГВ;
- образование на уровне поверхности воронкообразного понижения, обусловленного интенсивным нисходящим перетеканием грунтовых вод, можно считать доказанным фактом;
- выявлен тормозящий эффект существующего на уровне поверхности подземных вод воронкообразного понижения, из-за которого движение фронтальной части линзы ЛНП приостанавливается, а приток мобильного ЛНП с верхней части линзы приводит (по крайней мере, приводил до начала групповой откачки ЛНП) к увеличению толщины линзы в ее низовой части.

Заключение

Окончательные выводы формируются на основании сравнения результатов первого и второго этапов исследований. Как известно, в Украине не существует обязательных для исполнения инструктивных указаний относительно содержания, объемов и способов проведения исследований в загрязненной нефтяными углеводородами геологической среде. Для составления техзаданий на выполнение эколого-гидрогеологических работ конечно можно и нужно использовать известные методические рекомендации [3, 4 и др.], однако очень часто в реальных условиях определяющую роль играют требования "заказчика" работ. Суть этих требований обычно соответствует формуле из популярного рекламного ролика о чистящем средстве: *"Что б было чисто и как можно быстрее!"*. Сюда еще можно добавить *"...и как можно дешевле!"*.

Выполненные на аэродроме под Николаевым в 2003 г. исследования (I этап) весьма похожи на те, что обычно выполняются под девизом *"Как можно быстрее и дешевле!"*. В течение года было пробурено 11 мониторинговых и 3 разведочных скважин с отбором проб грунта и воды на содержание тяжелых металлов и НП. Выполнена площадная почвенная съемка с отбором усредненных проб грунта на содержание тяжелых металлов и азотосодержащих соединений. Построена карта гидроизогипс и три гидрогеологических разреза, установлено направление преимущественного распространения потока загрязненных грунтовых вод (с северо-запада на юго-восток). Также были определены основные источники загрязнения грунтов и грунтовых вод и откартирована зона загрязнения грунтовых вод нефтяными углеводородами. Обнаружение слоя свободных НП на уровне ГВ в сотне метров от склада ГСМ произошло фактически после завершения I этапа и послужи-

ло основанием для продления работ. Можно сказать, что при менее благоприятном стечении обстоятельств линза ЛНП могла оказаться не выявленной и на этом работы были бы закончены.

Только благодаря продолжению работ, выполнению мониторинговых исследований в течение 2003—2005 гг. была отвергнута первоначально принятая схема стационарной фильтрации, выявлены участки интенсивного перетекания грунтовых вод, загрязненных растворенными углеводородами, в нижележащий водоносный горизонт.

Продолжение согласованного процесса наблюдений и отображение на модели наблюдаемых условий должны привести, с одной стороны, к усовершенствованию системы пунктов наблюдения, а с другой — к расширению и уточнению представлений о закономерностях распространения нефтепродуктов загрязнений в подземных водах на территории исследований.

1. *Водообмен* в гидрогеологических структурах Украины: Водообмен в естественных условиях / В. М. Шестопапов, В. И. Лялько, Н. С. Огняник и др. — Киев: Наук. думка, 1989. — 288 с.
2. *Основы* изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н. С. Огняник, Н. К. Парамонова, А. Л. Брикс и др. — Киев: [А.П.Н.], 2006. — 278 с.
3. *Методические* рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами. — М.: АОЗТ "ГИДЕК", 2002. — 87 с.
4. *Методика* обстеження еколого-геологічного стану територій військових об'єктів, розроблена Державним підприємством МО України "ЦПІ" та Інститутом геологічних наук НАН України — К., 2003. — 169 с.

Ин-т геол. наук НАН Украины,
Киев
E-mail: gwp_ign@gwp.org.ua

Статья поступила
07.07.10