

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМИТЕТ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАУКИ И ПРОПАГАНДЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ
СКВАЖИН ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОС-
ТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

БАКУ - 1988

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМИТЕТ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАУКИ И ПРОПАГАНДЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ
СКВАЖИН ДЛЯ КОНТРОЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО
СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Рассмотрены и одобрены Ученым советом АзНИИГиМ
23 июля 1986 г., протокол № 7

БАКУ - 1988

Методические указания по оптимизации размещения наблюдательных окважин для контроля мелкоративного состояния орошаемых земель. Баку, 1986, с. 26 .

В "Методических указаниях" впервые для целей оптимизации размещения сети наблюдательных окважин предложено использование методов геостатистического структурного анализа и даны практические рекомендации по размещению внутрихозяйственной наблюдательной сети для контроля мелкоративного состояния орошаемых земель в центральной и периферийной частях Карабахской степи Азерб.ССР.

Методические указания рассчитаны для научных работников и специалистов проектных организаций, работающих в области мелкоративной гидрогеологии, водного и сельского хозяйства.

Методические указания разработали, с.н.с., к.г.-м.н. А.К.Алимов и м.н.с., к.г.-м.н. А.В.Сафаров (отдел мелиорации засоленных земель АЗНИИГМ). При разработке его участвовали д.г.-м.н., проф. Д.М.Кац, к.г.-м.н. Д.А.Манукьян и к.г.-м.н. О.В.Галактионова (ВНИИГМ).

Одобрены и утверждены НТС Минводхоза Азерб.ССР (протокол № 7, от 3 ноября 1986 г.), Управлением геологии Азерб.ССР (протокол № 21, от 10 ноября 1986 г.) и институтом "Азгипроводхоз" (протокол № 28, от 13 ноября 1986 г.)

Высокие темпы и большие объемы мелиоративного строительства делают актуальную проблему оптимизации гидрогеолого-мелиоративных исследований. Планирование этих исследований в настоящее время ведется, как правило, на базе накопленного опыта и инженерной интуиции, однако такой подход к процессу проектирования явно устарел. Повышения качества изысканий можно достичь лишь на базе последних достижений науки в области геостатистической структурной теории опробования с использованием ЭВМ.

Фонды, выделяемые каждый год Управлением геологии Азерб.ССР и другими государственными органами для сбора и анализа данных со всей расширяющейся гидрорежимной сети, для наблюдения за уровнем и минерализацией грунтовых вод, возрастает в определенной степени, что создает беспокойство относительно эффективности и экономической целесообразности программы по созданию водобной гидрорежимной сети. Поэтому разработка научно-обоснованных мероприятий, направленных на оптимизацию необходимого числа и расположения наблюдательных скважин, оценки эффективности и соответствия режимной сети постоянным целям является весьма актуальной научной и практической задачей.

Задачи мелиоративной гидрогеологии, для решения которых необходимо иметь данные о режиме уровня грунтовых вод, следующие:

- Прогноз подъема уровня грунтовых вод (УГВ) на орошаемых землях. Данные по УГВ являются начальными условиями при решении краевой гидродинамической задачи, или же они могут быть использованы для калибровки модели при решении обратной гидродинамической задачи, при уточнении отдельных статей водного баланса (например, величины инфильтрационного питания).

- Прогноз водно-солевого режима корнеобитаемого слоя и пород зоны аэрации. В первом случае данные по УГВ необходимы для оценки степени участия грунтовых вод в водном и слоевом режимах корнеобитаемого слоя для обеспечения наиболее благоприятного режима корневой системы растений; во втором случае - для оценки величины инфильтрационного питания грунтовых вод или выноса солей из пород зоны аэрации при прогнозах минерализации грунтовых вод.

- Расчет или корректировка полевных и, соответственно, оросительных норм.

Последние две задачи сводятся к одной, более общей - задаче по обеспечению благоприятных условий для формирования растений, для обеспечения благоприятного мелиоративного состояния орошаемых земель. При решении всех перечисленных проблем данные о глубинах уровня грунтовых вод являются наиболее существенной составляющей критерий оценки мелиоративного состояния, так как на площадях с глубинами УГВ, превышающими т.н. "допустимые" величины, происходит засоление почвенного слоя, развивается заболачивание орошаемых земель.

Все это является причиной уменьшения плодородия почв, и в конечном счете, приводит к резкому уменьшению урожайности выращиваемых на орошаемых землях сельхозкультур. Поэтому задача об установлении глубин УГВ является в общем случае экономико-математической - в какой степени недостаток информации о мелиоративном состоянии и, в частности, об одном из наиболее существенных его показателей - УГВ, снижает достоверность мероприятий по улучшению мелиоративного состояния и, соответственно, является причиной снижения урожайности. Однако, прежде чем формулировать общую экономико-математическую задачу, необходимо определить физические принципы размещения наблюдательных скважин для получения достоверной информации об уровнях грунтовых вод.

Наиболее очевидный подход к решению данной задачи может быть связан с идеей расположения наблюдательных скважин по равномерной сетке с некоторым заданном шагом, без учета гидродинамической структуры фильтрационного потока. Черезмерное уменьшение шага сетки между наблюдательными скважинами может привести к заметному возрастанию затрат на создание, оборудование, эксплуатацию и, таким образом, поставить под сомнение экономическую эффективность создания подобной наблюдательной сети. Кроме того, неучет особенностей структуры потока при равномерной сети скважин приводит к получению искаженной информации об УГВ на участках с относительно простыми условиями фильтрации.

Следует также подчеркнуть, что на орошаемых землях режим грунтовых вод определяется величиной инфильтрационного питания как функцией координат и времени, воздействием границ потока (канала, дрена, коллектора и т.п.), фильтрационным строением среды, параметрами отложений и т.п. Это означает, что величина УГВ в любой точке орошаемой территории является решением некоторой краевой задачи, однако достоверность реализации последней требует достоверности исходной информации о границах, фильтрационной среде, источниках и стоках. Поэтому, единственным практическим путем получения необходимой информации об УГВ является создание соответствующей сети наблюдательных скважин. Важной физической предпосылкой (или критерием) ее обоснования является гидродинамическая однородность этой области, т.е. учет структуры фильтрационного потока. Последняя, как известно, является однозначной реализацией рассматриваемой краевой задачи. Определив таким образом исходные физические предпосылки построения сети наблюдательных скважин, рассмотрим возможные методы решения поставленной проблемы. Отметим при этом, что проблема размещения наблюдательных скважин для характеристики режима грунтовых

вод и, в частности, для целей контроля мелiorативного состояния орошаемых земель, является одним из наименее разработанных научно-методических направлений. Немногочисленные работы в этом направлении основываются на статистическом подходе,

В работах / 1., -2 / для решения задач по разработке нефтяных месторождений рассматриваемая проблема решается с использованием принципа равномерности размещения разведочных скважин и с учетом свойств изучаемого объекта. Задача заключается в выборе такой стратегии, которая обеспечила бы максимальный темп снижения и минимум ошибок при заданных затратах. При этом необходимо отметить, что оптимальность стратегии, обеспечивающей максимальное за каждый шаг снижение ошибок, не является очевидной.

1. Методика оптимизации размещения наблюдательных скважин

1.1. Наиболее успешно, по нашему мнению, поставленная задача решается с помощью геостатистического структурного анализа. В его основе лежит метод сравнения величин анализируемого поля (или поверхности) для определенных точек, расположенных на некотором расстоянии, т.е. метод установления сходства (или различия) значений, например, УГВ в пределах исследуемой площади.

1.2. Наиболее естественный путь сравнения двух уровней грунтовых вод $H(x)$ и $H(x+h)$ в точках x и $x+h$, соответственно, и отстоящих друг от друга на расстоянии h , заключается в нахождении разности между ними, а точнее, абсолютного значения $|H(x) - H(x+h)|$. Еще более информативным оказывается средняя разность между УГВ во всех парах точек, находящихся на расстоянии h и поэтому возникает целесообразность нахождения математического ожидания $E |H(x) - H(x+h)|$ для всех возможных точек $x+h$ и x /;4,6 /.

Для упрощения расчетов последнее выражение приводится к следующей характеризующей различия функции:

$$2\gamma(\vec{h}) = E \left[H(x) - H(x+h) \right]^2 \quad (1)$$

Собственно функция $\gamma(\vec{h})$ представляет собой вариограмму, являющуюся функцией векторного аргумента, т.е. зависящей от расстояния и направления. Вариограмма, таким образом, показывает, как в среднем различаются напоры в зависимости от расстояния в заданном направлении или в заданной области пространства.

1.3. При наличии $N(h)$ пар точек с известными уровнями грунтовых вод выражение для вариограммы может быть записано в следующем виде:

$$\gamma(\vec{h}) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[H(x_i) - H(x_i+h) \right]^2 \quad (2)$$

Обычно вариограмма возрастает с увеличением расстояния, увеличиваясь от 0, когда $h = 0$, до значения, равного априорной вариации результатов измерения (порог) при некотором большом значении h . Эта геостатистическая концепция рассмотрена в работах *J.P. Delhomme 1971*, *R.A. Olea 1981*, *M. David 1981*, *M. Sophocleous 1991* и других.

1.4. Концепция вариограмм учитывает те геологические и гидрогеологические параметры и показатели, которые вызывают разброс оценок, т.е. неточности при определении уровня подземных вод между скважинами. Такие гидрогеологические параметры и показатели включают в себя, прежде всего непрерывность (гладкость) зеркала грунтовых вод и однородность отложений. Первое находит отражение в скорости роста вариаций уровня грунтовых вод с расстоянием. Следует отметить, что указанная непрерывность зеркала грунтовых вод может отсутствовать, если наблюдаемыми скважинами вскрываются другие, смежные водоносные горизонты.

1.5. Вариограммы являются промежуточным инструментом для решения задачи оптимального размещения наблюдательной сети. Они способствуют уточнению представлений о гидрогеологических параметрах особенно на ранних стадиях исследований. Основными этапами при геостатистическом решении являются определение модели вариограммы для предсказания изменчивости интересующего нас показателя и оценка параметров модели методом наименьших квадратов.

1.6. Исходная экспериментальная вариограмма строится по ограниченному числу измерений и представляет приближенную вариограмму описываемой области. Подбор модели осуществляется на основе экспериментальной вариограммы. Для оптимизации параметров модели с целью минимизации погрешностей в точках с известными замерами используется метод оценивания - крайгинг / 3 /.

1.7. Для достижения заданных погрешностей оценки можно провести анализ различных теоретических вариантов сети наблюдений, используя различные расстояния между скважинами. С удалением от скважины стандартное отклонение возрастает, достигая максимума в центрах квадратов. Для преобразования стандартных отклонений в доверительный интервал необходимо допущение о некотором распределении вероятности этих отклонений. В случае справедливости центральной предельной теоремы 95% доверительный интервал для значений в центре квадрата из четырех скважин представляет выражением:

$$z^* = \pm 1,96 \sigma E \quad (3)$$

где σE - стандартное отклонение оценки z^* , для минимальная точность при данной сети.

Дополнительные наблюдательные скважины должны оборудоваться в районах с зонами максимальных стандартных отклонений для обеспечения минимальной требуемой точности.

I.8. Понятие о зоне влияния измерения УГВ (зоны, охватываемой измерением) означает, что любое такое измерение характеризует УГВ вплоть до определенного расстояния от измеряемой точки. За пределами такой зоны положение уровня является неопределенным, так как такие измерения становятся статистически независимыми.

Предпосылка, связанная с однородностью водоносных отложений означает, что погрешность, связанная с методом одной оценки, будет зависеть от изменения геологических условий.

II. Обоснование методики размещения внутрихозяйственных скважин для наблюдений за показателями мелкоративного состояния земель опытно-производственного участка

II.1. Для получения оценок по зоне влияния одной скважины, т.е. определения шага сети наблюдательных скважин была построена серия вариограмм на основе режимных наблюдений за УГВ, минерализацией грунтовых вод и степени засоления пород зоны аэрации, на четырех полях Агдабединского опытно-производственного участка. Вариограммы строились по двум направлениям, по потоку грунтовых вод и перпендикулярно к нему, в пределах однородных по гидрогеологическим условиям территорий, ограниченных Верхне-Карабахским каналом (ВКК), дренами - Д-1 и Д-3 и оросителями (рис. I...6) / 4...6 / .

Результаты вычислений значения вариограмм по створам скважин по потоку и перпендикулярно потоку приведены в таблице I, где функции $\gamma_1(h)$, $\gamma_2(h)$, $\gamma_3(h)$, $\gamma_4(h)$ - соответственно вариограммы уровней грунтовых вод, минерализации грунтовых вод, степени засоления почв зоны аэрации толщи 0-2 м и степени засоления пород зоны аэрации толщи 0-5 м.

П.2. Вариограммы уровней грунтовых вод, построенные по экспериментальным точечным значениям по двум направлениям по потоку грунтовых вод перпендикулярно ему (рис.4а, 5), имеют форму параболы, отражают постепенность изменения уровня и показывают, что по ним трудно определить окрестность или зону влияния наблюдательной скважины, так как такая зона может быть любого размера. Для выделения ограниченных зон влияния, определяемых конфигурацией поля уровней грунтовых вод из вариограмм следует исключить систематическую составляющую изменения уровня (тренд) и на полученных остаточных вариограммах выделить ограниченные зоны влияния / 3 / . На рис.5 видно, что регулярная составляющая потока грунтовых вод по направлению, перпендикулярному к ВКК имеет линейную форму (5а), а по ортогональному ему направлению - параболическую (5б).

Сопоставление полученных закономерностей дает возможность установить оптимальные расстояния между наблюдательными скважинами с учетом требований контроля мелиоративного состояния орошаемого участка, т.е. выделения зон с благоприятными и неблагоприятными условиями. В первом случае целесообразно располагать наблюдательные скважины на расстояниях порядка 250-300 м, во втором случае - через 150 - 200 м между ними.

П.3. Вариограммы минерализации и засоления пород зоны аэрации удовлетворительно описываются сферической моделью (рис.4б, 6,). На этих вариограммах ясно выражена зона влияния (А) в заданных направлениях, равная расстояниям, начиная с которых вариограмма выполаживается.

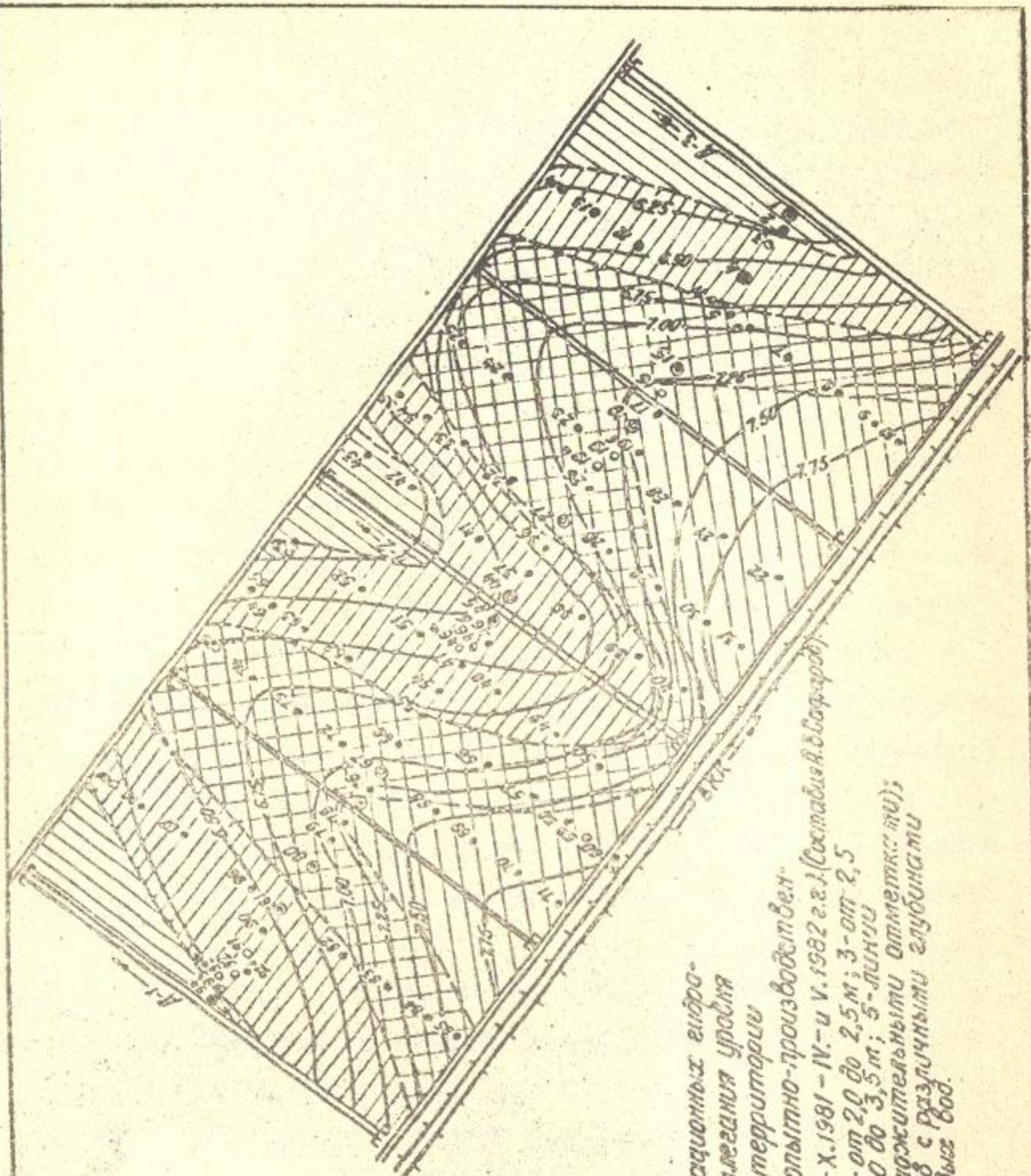
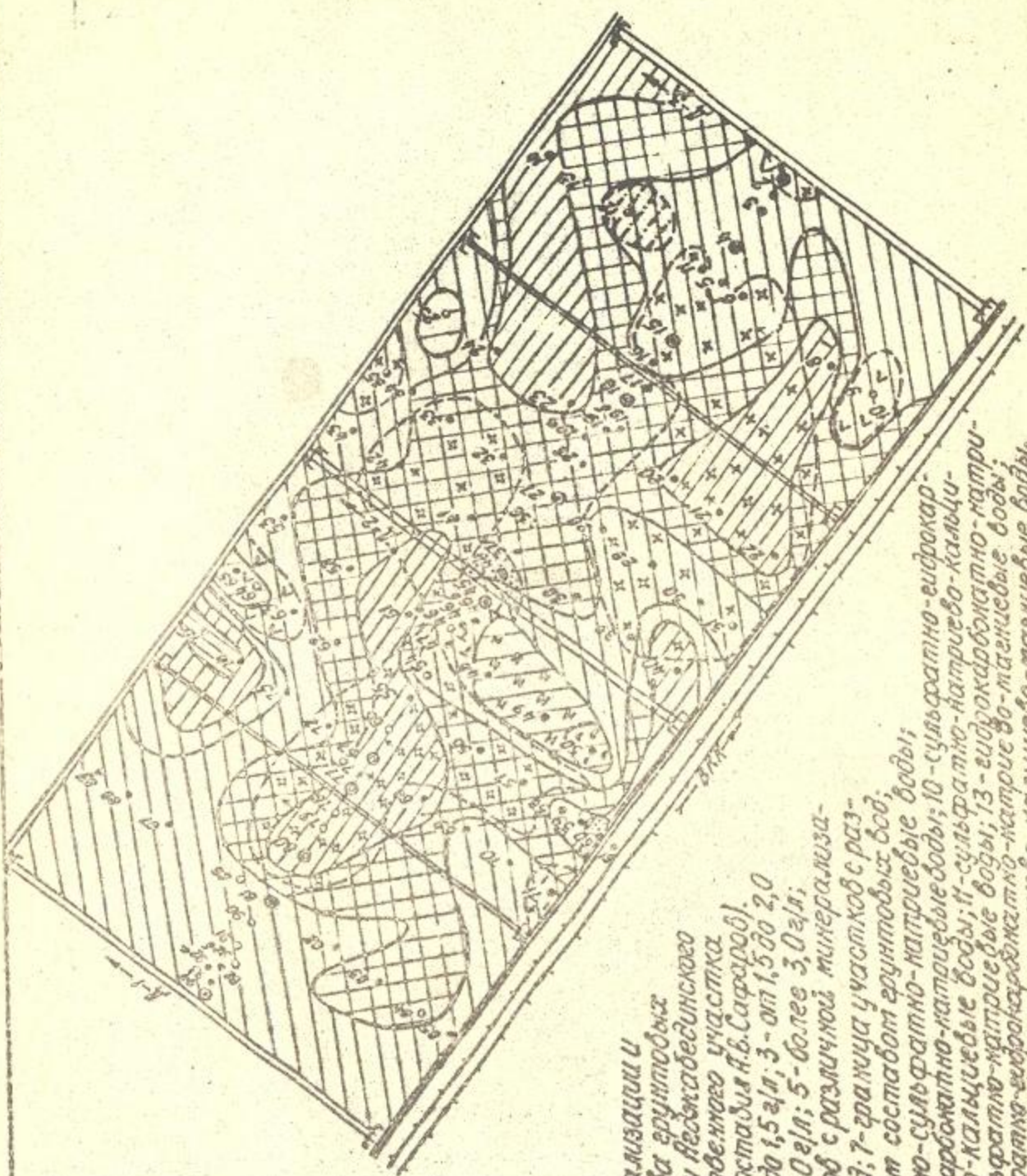


Рис. 1. Карта средневегетационных гидро-иссухит и глубин залегания урвля грунтовых вод на территории Яеджабединского опытно-производствен-ного участка (VI. - X. 1981 - N. - и V. 1982 г.г.). (Составил В. В. Воробей)

1- от 1,5 до 2,0 м; 2- от 2,0 до 2,5 м; 3- от 2,5 до 3,0 м; 4- от 3,0 до 3,5 м; 5- линии гидроизогипс (с положительными отметками); 6- граница участка с разлучными глубинами залегания грунтовых вод.



| | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| | | | | | | | |

Рис. 2. Карта общей минерализации и химического состава грунтовых вод на территории Яедынского опытно-производственного участка (февраль, 1982 г.) (Составил А.Б. Сафаров).
 1- до 1 г/л; 2- от 1,0 до 1,5 г/л; 3- от 1,5 до 2,0 г/л; 4- от 2,0 до 3,0 г/л; 5- более 3,0 г/л;
 6- граница участков с различной минерализацией грунтовых вод; 7- граница участка с различным химическим составом грунтовых вод;
 8- гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые воды; 9- гидрокарбонатно-натриевые воды; 10- сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые воды; 11- сульфатно-натриево-кальциевые воды; 12- сульфатно-натриевые воды; 13- гидрокарбонатно-натриевые воды; 14- сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые воды; 15- сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевые воды.

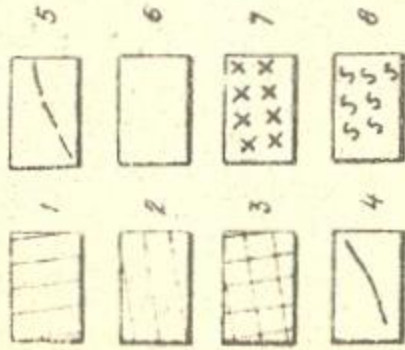
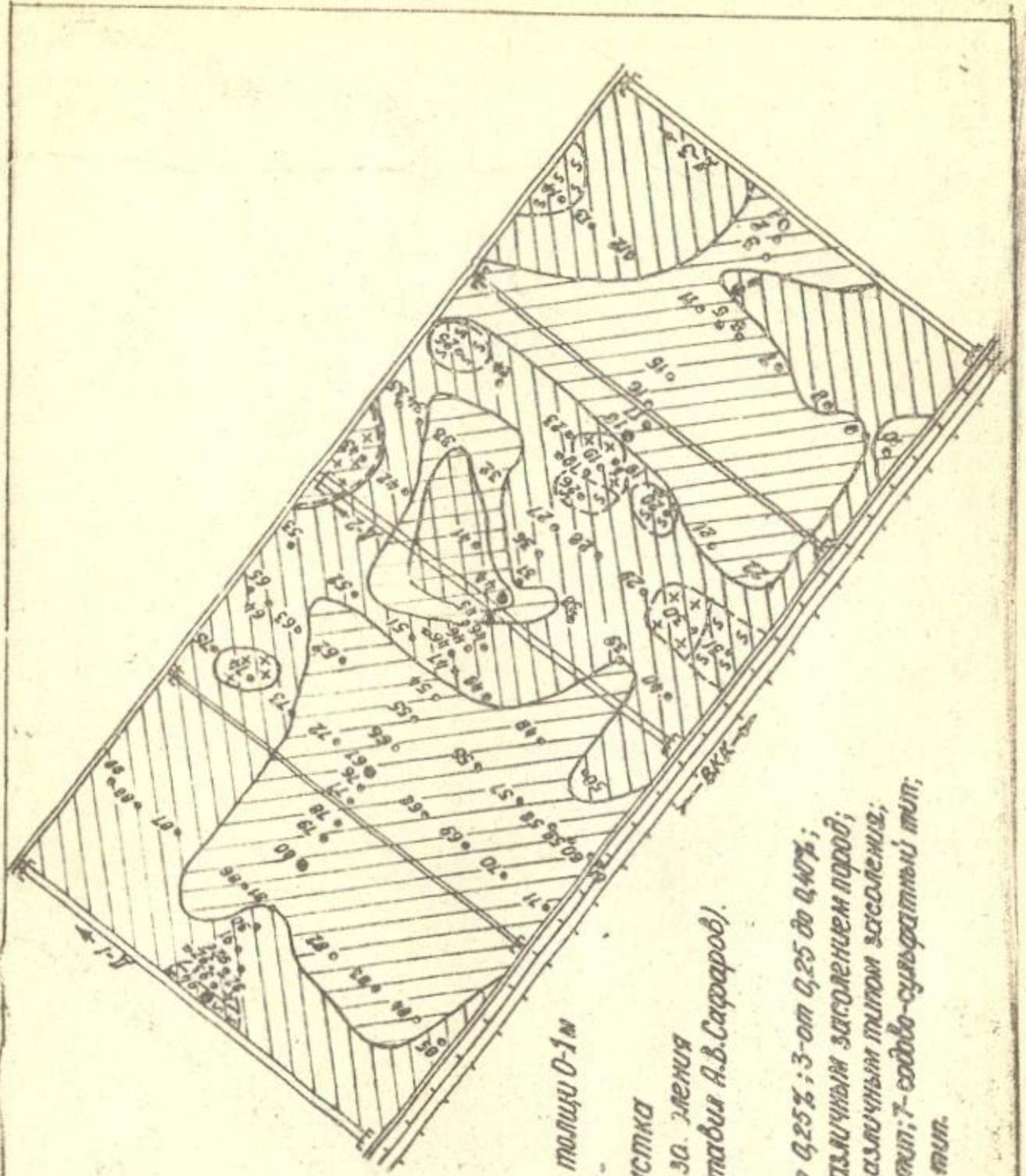
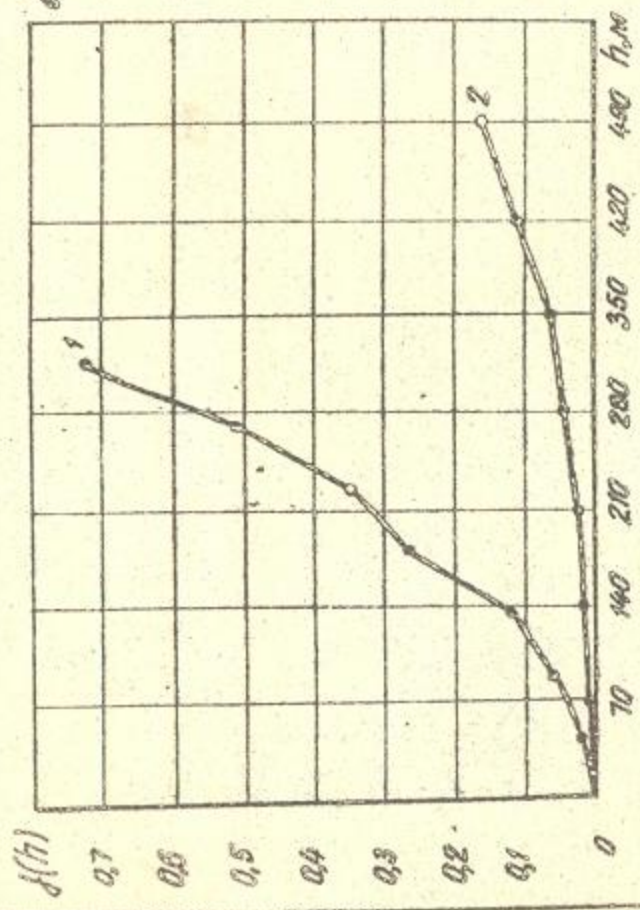


Рис. 3. Карта засоления пород толщи 0-1 м
Неджабенского опытно-
производственного участка
с показанием типов за. злеия
(февраль 1984 г.) (Составил А. В. Сафаров).

1- менее 0,15%; 2- от 0,15 до 0,25%; 3- от 0,25 до 0,40%;
4- граница участков с различным засолением пород;
5- граница участков с различным типом засоления;
6- сульфатно-содовый тип; 7- sodbo-сульфатный тип;
8- хлоридно-содовый тип.

a)



b)

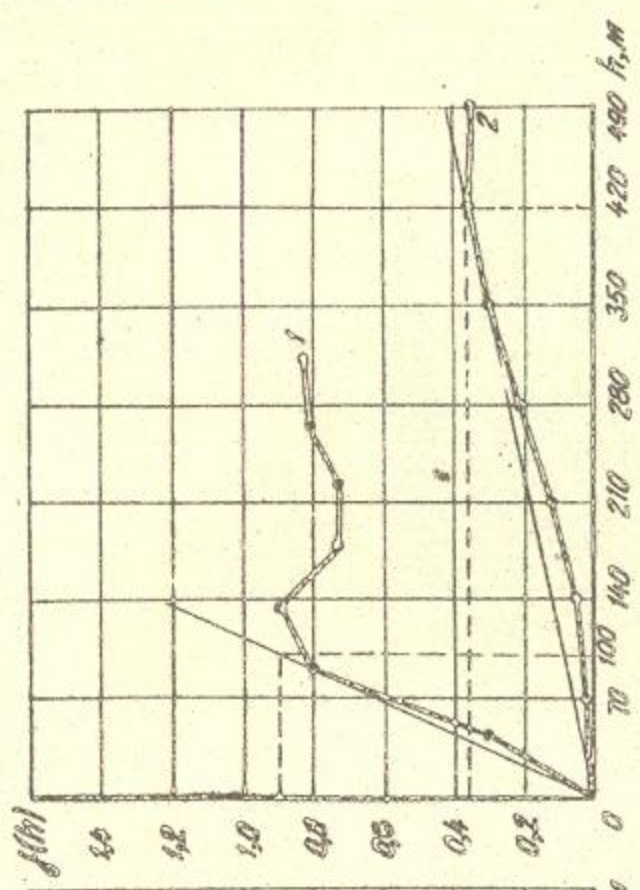


Рис. 4. Экспериментальные вариограммы уровней (а) и минерализации (б) грунтовых вод в направлении: 1 - перпендикулярно потоку; 2 - по потоку для условий Каджаддинского опытно-производственного участка. (Составил А.В. Сафаров).

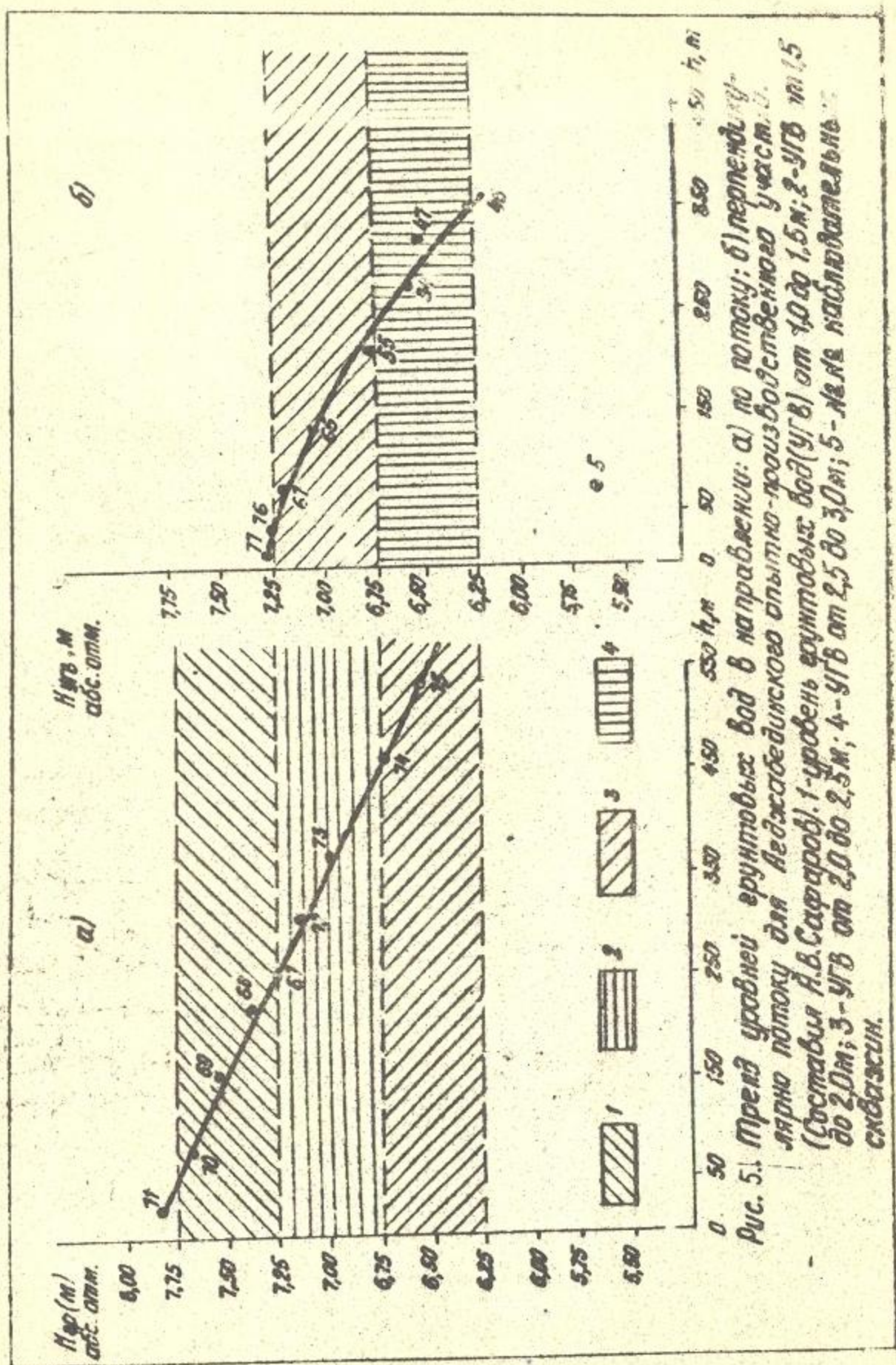
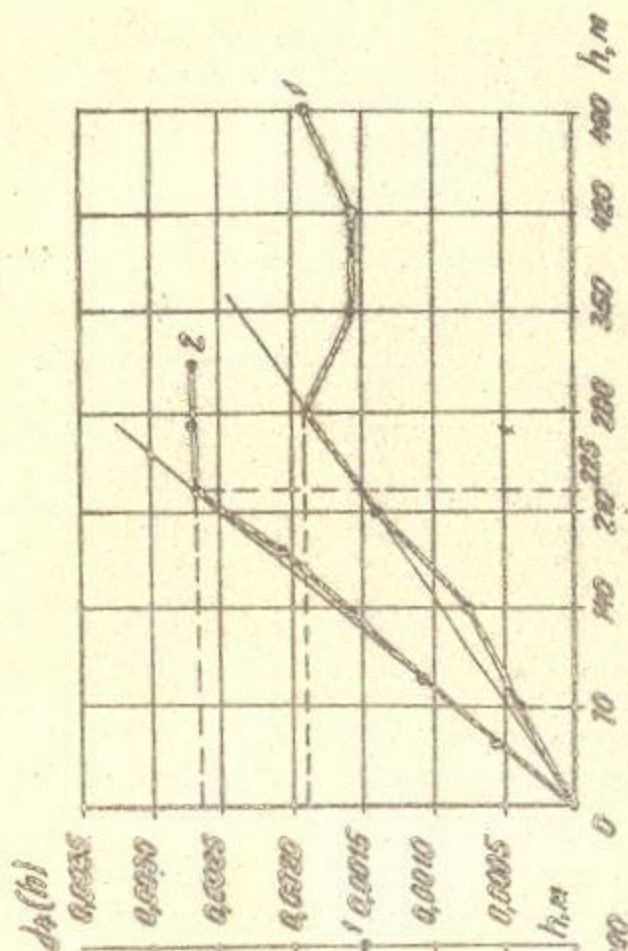


Рис. 5.1. Профиль уровня грунтовых вод в направлении: а) по потоку; б) перпендикулярно потоку для Аджабидинского опытно-производственного участка. Д. (Составляя А.В. Сафаров). 1-уровень грунтовых вод (уровень от 1,0 до 1,5 м); 2-УГВ от 2,0 до 2,5 м; 3-УГВ от 2,5 до 3,0 м; 4-УГВ от 2,5 до 3,0 м; 5-МВ в наблюдательных скважинах.

б)



а)

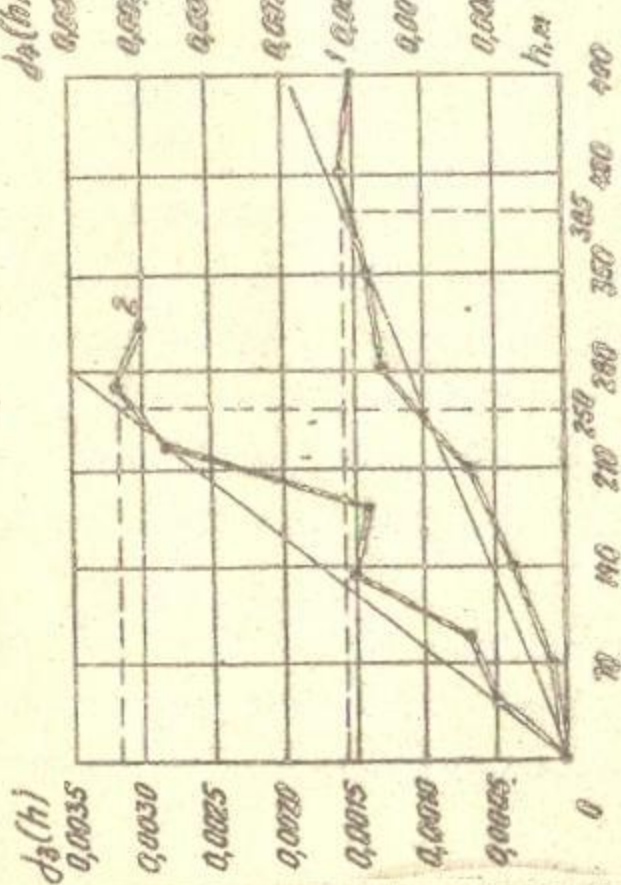


Рис. 6. Экспериментальные вариограммы степени заселения пород зоны аэрации толщью 0-2 м (а) и 0-5 м (б) в направлении 1-перпендикулярно потоку; 2-по потоку для условий Аджарбадинского опытно-производственного участка. (Составил А.В.Сафаров).

Таблица I.

Значения вариограмм, рассчитанных по потоку
грунтовых вод и перпендикулярно к нему
для условий Агджабендинского опытно-
производственного участка

| Направления | $h, м$ | $\gamma_1(\vec{h})$ | $\gamma_2(\vec{h})$ | $\gamma_3(\vec{h})$ | $\gamma_4(\vec{h})$ |
|----------------------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| по потоку | 70 | 0,0060 | 0,200 | 0,0001 | 0,00038 |
| | 140 | 0,0185 | 0,050 | 0,0004 | 0,00076 |
| | 210 | 0,0242 | 0,120 | 0,0007 | 0,00140 |
| | 280 | 0,0505 | 0,200 | 0,0012 | 0,00190 |
| | 350 | 0,0669 | 0,290 | 0,0014 | 0,00160 |
| | 420 | 0,1092 | 0,350 | 0,0016 | 0,00160 |
| | 490 | 0,1581 | 0,350 | 0,0015 | 0,00190 |
| перпенди- кулярно по- току | 45 | 0,01690 | 0,2903 | 0,00052 | 0,00054 |
| | 90 | 0,06253 | 0,7448 | 0,00068 | 0,00114 |
| | 135 | 0,1295 | 0,8960 | 0,0015 | 0,00159 |
| | 180 | 0,2749 | 0,7347 | 0,0014 | 0,00210 |
| | 225 | 0,3508 | 0,7228 | 0,0028 | 0,00270 |
| | 270 | 0,5171 | 0,8022 | 0,0032 | 0,00270 |
| | 315 | 0,7272 | 0,8184 | 0,0031 | 0,00270 |

Пороговое значение достигается касательной на расстоянии по осей абсцисс равном $(3/2) \cdot A$. В соответствии с этим определяется зона влияния, которая для минерализации грунтовых вод в нашем примере составляет по потоку - $(3/2) \cdot 420 = 630$ м, перпендикулярно потоку - $(3/2) \cdot 100 = 150$ м, для степени засоления пород зоны аэрации толщи 0-2 м в различных направлениях 375 и 593 м, толщи 0-5 м - 337 и 420 м.

Предлагаемая методика может использоваться для определения плотности и пространственного расположения наблюдательной сети, обеспечивающей максимальную эффективность при минимальной требуемой точности.

Следует подчеркнуть, что применение геостатистических методов оптимизации размещения наблюдательных скважин за показателями мелiorативного состояния орошаемых земель требует дальнейшей разработки. Дальнейшие исследования целесообразны проводить в направлении проверки применимости методов геостатистического структурного анализа для оптимизации размещения региональной сети наблюдательных скважин.

Литература

1. Аракелян В.А. Способ оценки равномерности сети разведочных скважин. - Экспресс - информация. Сер.2. Математические методы исследований в геологии, вып. 8, М., 1978, - (ВИЭМС), с. 14 ... 18.
2. Аронов В.И., Аракелян В.А., Жуков Н.И. и др. Оптимизация размещения скважин при разведке залежей нефти и газа на основе использования ЭВМ. - Математические методы исследований в геологии. - (ВИЭМС), № 1, М., 1982, - 50 с.
3. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Перевод с английского О.А. Лутковской. Ленинград. : Недра, 1980 г. - 360 с.
4. Манукьян Д.А., Галактионова О.В., Сафаров А.В. Размещение наблюдательных скважин для контроля мелиоративного состояния орошаемых земель. - Мелиорация и водное хозяйство. Экспресс - информация. ММ и ВХ СССР, ЦЕНТИ, сер. 9, Изыскания и проектирование гидро - мелиоративных систем. JSS 0205 - 812 X., М., 1985. - 16 с.
5. Сафаров А.В. Оценка мелиоративного состояния земель Карабахской степи в зонах влияния крупных каналов (на примере Агдмабединского опытно-производственного участка). В кн.: Гидрогеолого - мелиоративное состояние орошаемых и осушаемых земель и мероприятия по борьбе с засолением и заболачиванием почв. Тезисы докл. 5 Всесоюз. совещ. по мелиоративной гидрогеологии и инж/геологии и мелиоративному почвоведению. - 4. I, - М., 1984, с. 219 ... 222.
6. Сафаров А.В. Закономерности формирования гидрогеолого - мелиоративной обстановки на орошаемых землях Карабахской степи. Автореферат диссертации на соиск. к.г. - м.н., Баку, 1985. - 19 с.
7. Yalman I.P. - Mapping in the Hydrosciences. Advances in Water Resources, vol. 5, 1972, pp 251... 266
8. Yalman I.P. - Estimation mapping techniques using regionalized

variable theory. *Kans Geol. Surv., Lawrence, Kans., Spat. Anal. Ser.*
No. 2, 1975, 137 pp.

9. Sophocleous M. - Groundwater observation network design for the Kansas Groundwater Management Districts, U.S.A., *"Hydrology"*, No. 61, P.P. 371... 389.